



SAMPUTENSILI
Cutting Tools

Produzione degli ingranaggi (Mod.1)

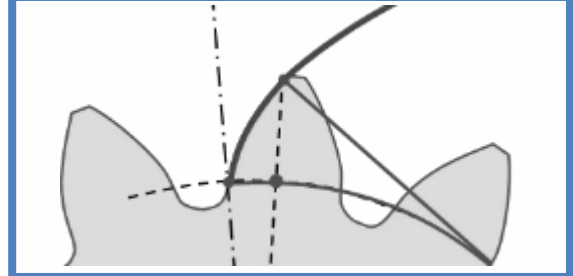
Data: 25-26/09/2019

Autore: Cosimo Caforio

Panoramica Training

SAMP

Fondamenti di ingranaggi



Creatori



Materiali



Coltelli



Scudding



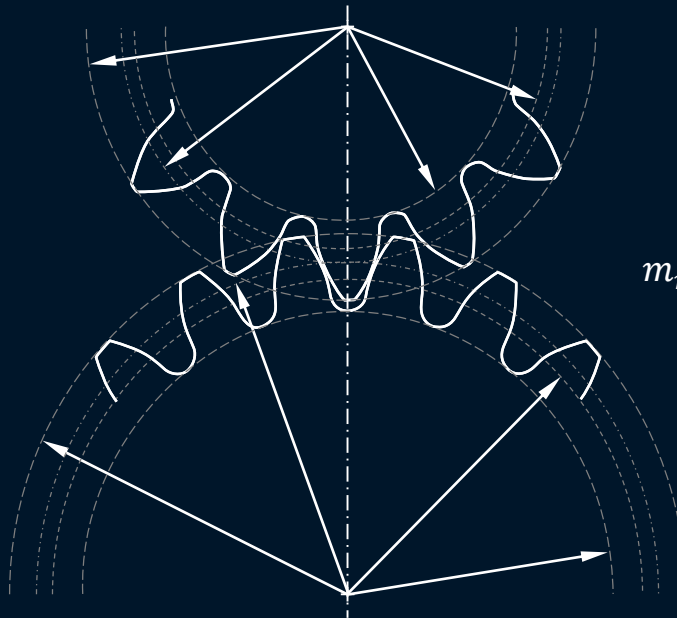
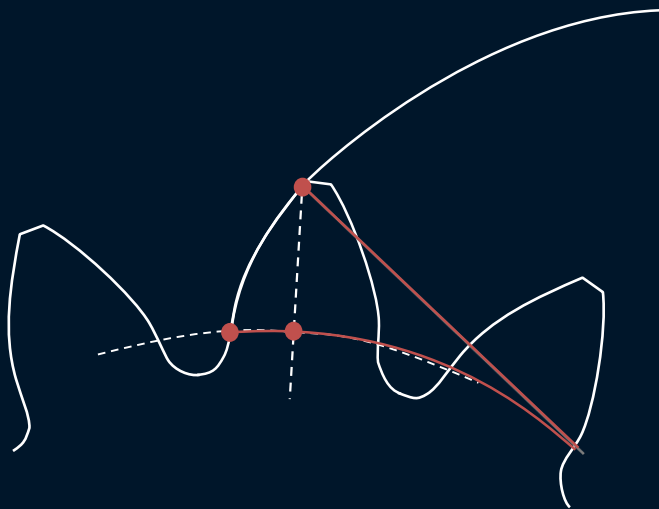
Smussatori/Rullatori



Coating

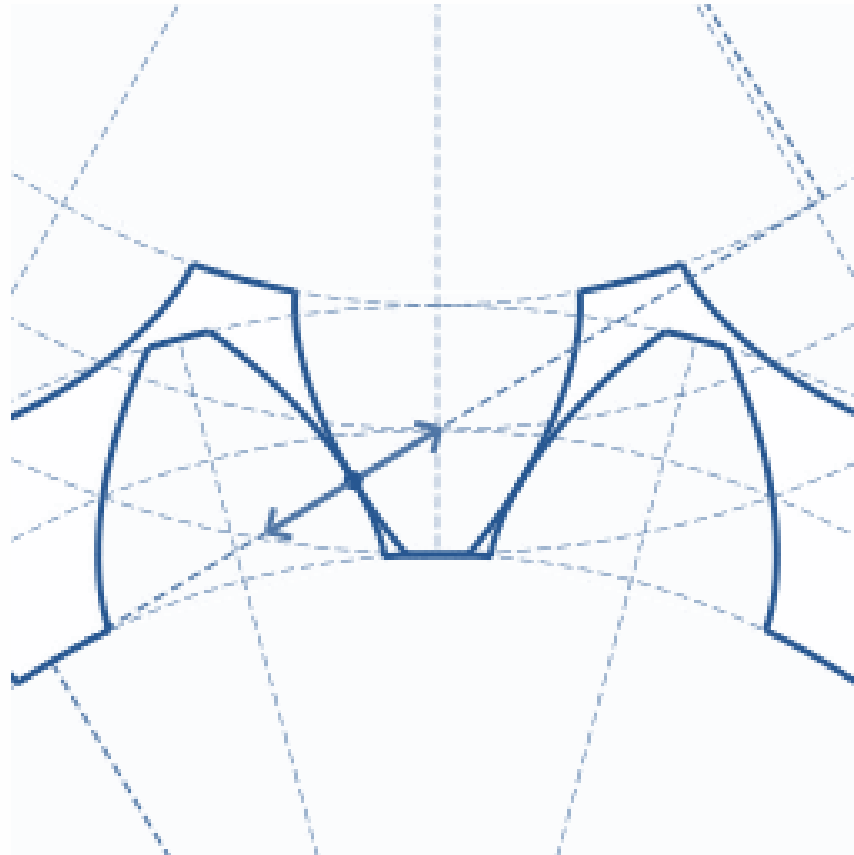


Nozioni base sugli ingranaggi



$$m_n = \frac{d}{z} \cdot \cos \beta = \frac{p}{\pi} \cdot \cos \beta$$

Nozioni base sugli ingranaggi



Legge fondamentale dell'ingranamento:

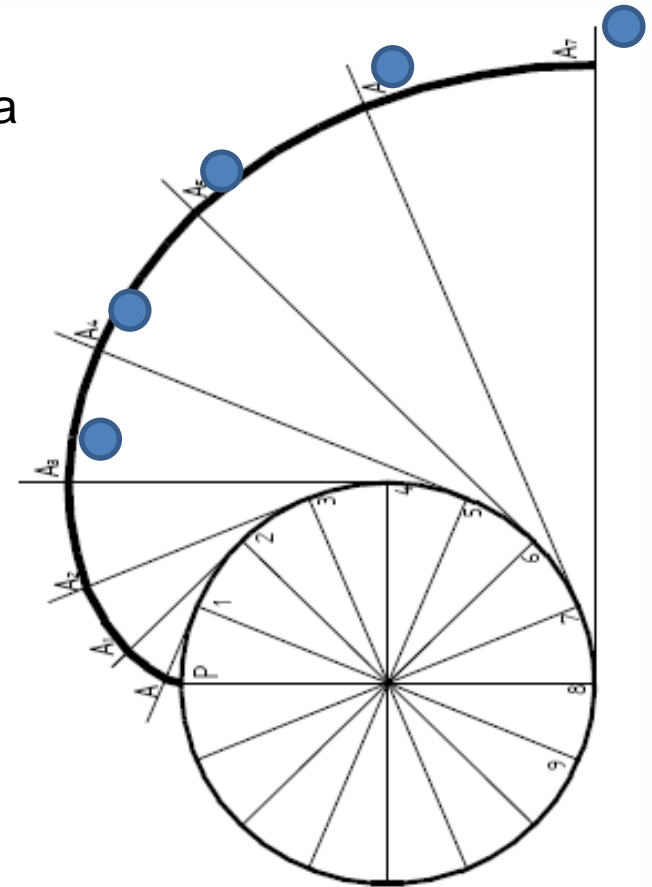
Il rapporto delle velocità angolari tra le due ruote di un ingranaggio deve rimanere costante durante tutto l'ingranamento.

L'evolvente di cerchio



La geometria del dente, usata da diverse centinaia di anni, è **l'evolvente di cerchio**. Questa soluzione assicura un accoppiamento tipo “rotolamento” che minimizza usura e vibrazioni trasferendo energia con grande efficienza.

L'evolvente di cerchio è la curva che descrive il punto A di una semiretta “a” che rotola senza strisciare su una circonferenza.



Modulo e Angolo di Pressione



Per definire il profilo di un dente, questi sono i fattori più importanti sul disegno:

- **Modulo normale: m_n**
- **Numero di denti: z**
- **Angolo di pressione: α**

Il modulo m_n è un valore per il dimensionamento dei denti

- $d = m_n \cdot z$

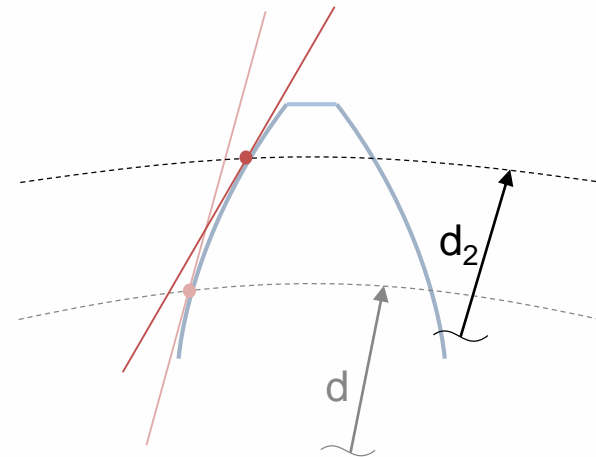


m_n piccolo



m_n grande

Il modulo m_n e l'angolo di pressione α di un ingranaggio sono definiti al diametro primitivo d .



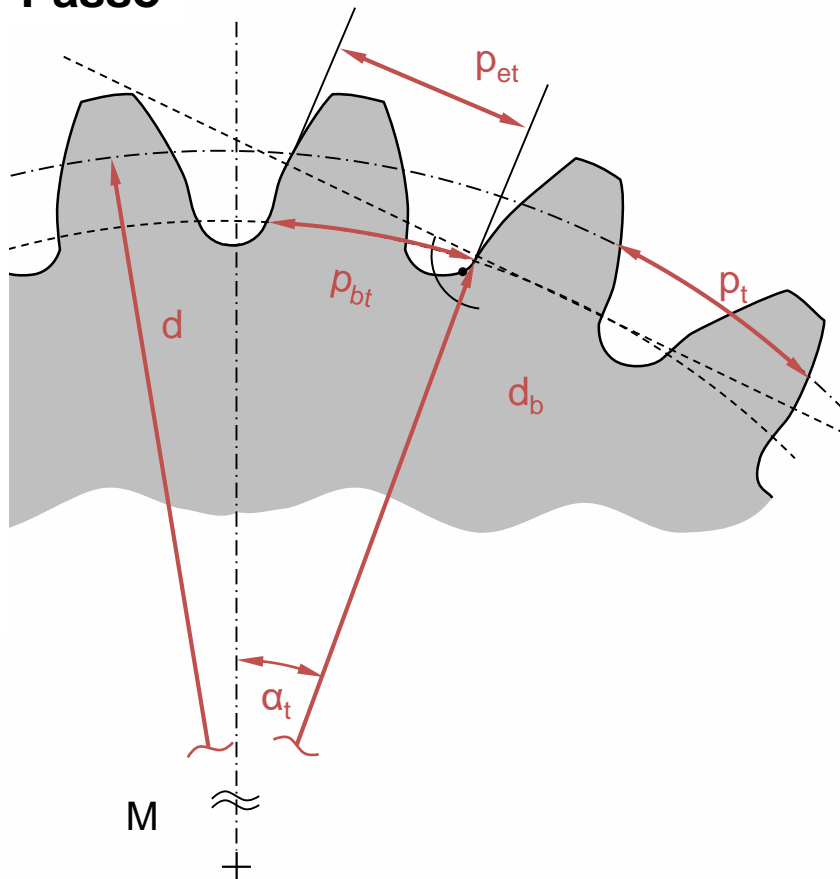
Il modulo m_n e l'angolo di pressione α variano in funzione del diametro scelto

$$\underbrace{m_n \cdot \cos(\alpha)}_{\text{Per il diametro } d} = \underbrace{m_{n,2} \cdot \cos(\alpha_2)}_{\text{Per il diametro } d_2}$$

Passo



Passo



Relazioni matematiche

- Modulo m_n :

$$m_n = \frac{d}{z} \cdot \cos \beta = \frac{p}{\pi} \cdot \cos \beta$$

- Passo p :

$$p_t = \frac{d \cdot \pi}{z}$$

- Passo al diametro di base p_b :

$$p_b = \frac{d_b \cdot \pi}{z} = p_t \cdot \cos \alpha_t$$

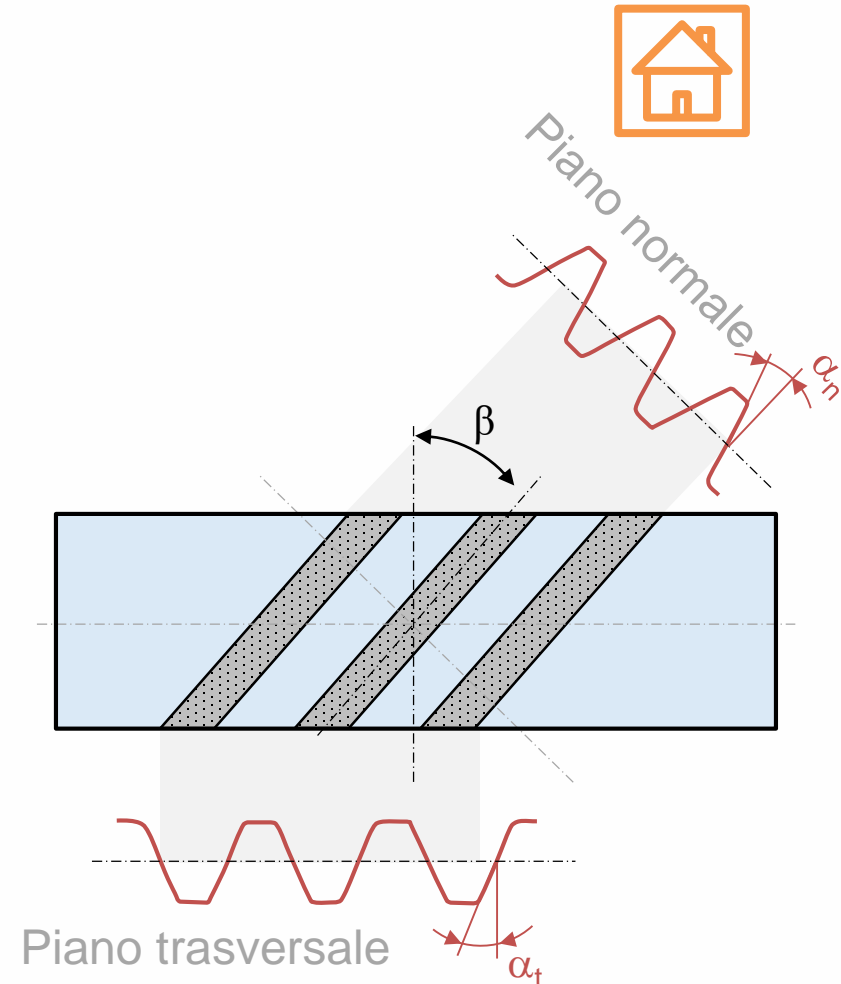
Fonte: [DIN87]

Ingranaggi elicoidali

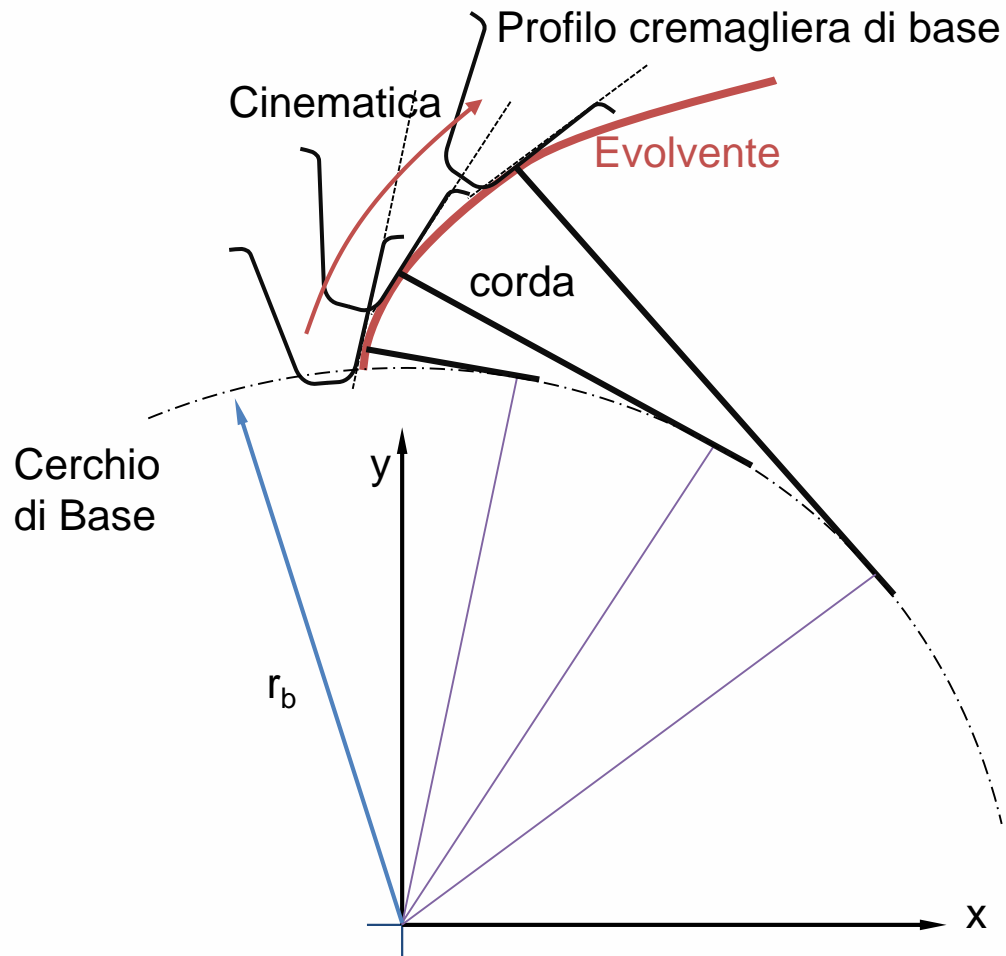
Per gli ingranaggi elicoidali è necessario conoscere l'angolo dell'elica β . In questo caso i valori geometrici sono calcolati per due intersezioni:

piano normale e piano trasversale

| Piano normale | Piano trasversale | Relazioni |
|---------------|-------------------|---|
| m | m_t | $m_t = m / \cos(\beta)$ |
| α_n | α_t | $\alpha_t = \arctan(\tan(\alpha_n) / \cos(\beta))$ |
| P_n | P_t | $P_t = m \cdot \pi / \cos(\beta)$ |
| d_n | d_t | $d_t = d_n / \cos(\beta)$ |
| - | P_z | $P_z = d_t \cdot \pi / \tan(\beta)$ |
| m_{bn} | m_{bt} | $m_{bt} = m_{bn} / \cos(\beta_b)$ |
| P_{bn} | P_{bt} | $P_{bt} = m_{bn} / \cos(\beta_b) \cdot \pi$ |
| - | β_b | $\beta_b = \arcsin(\sin(\beta) \cdot \cos(\alpha_n))$ |
| d_{bn} | d_{bt} | $d_{bt} = d_t \cdot \cos(\alpha_t)$ |



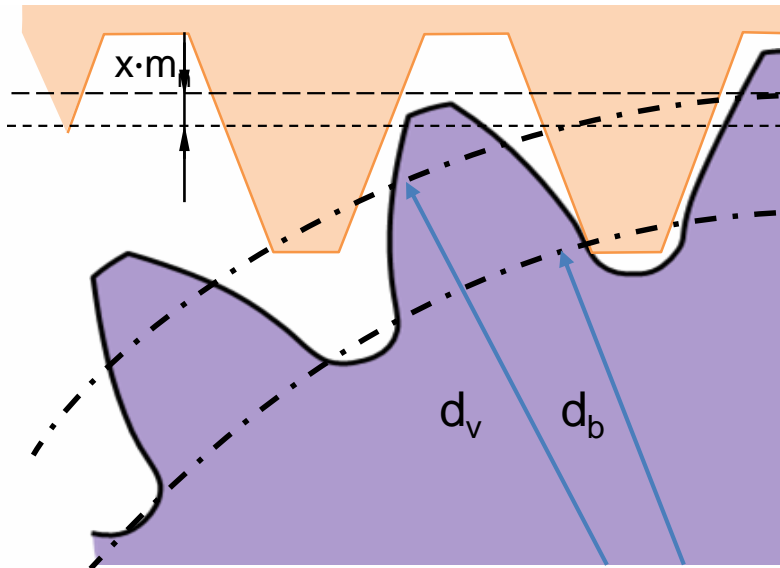
Principio di funzionamento



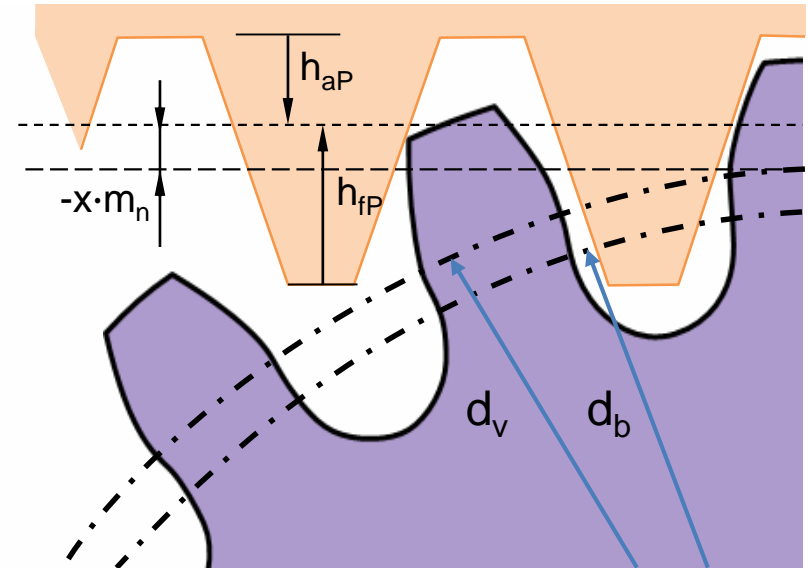


Modifica dell'addendum

Modifica positiva dell'addendum



Modifica negativa dell'addendum



$$h_{aP} = m_n \cdot (1 + x)$$

$$h_{fP} = m_n \cdot (1 - x)$$

$$h_P = h_{aP} + h_{fP}$$

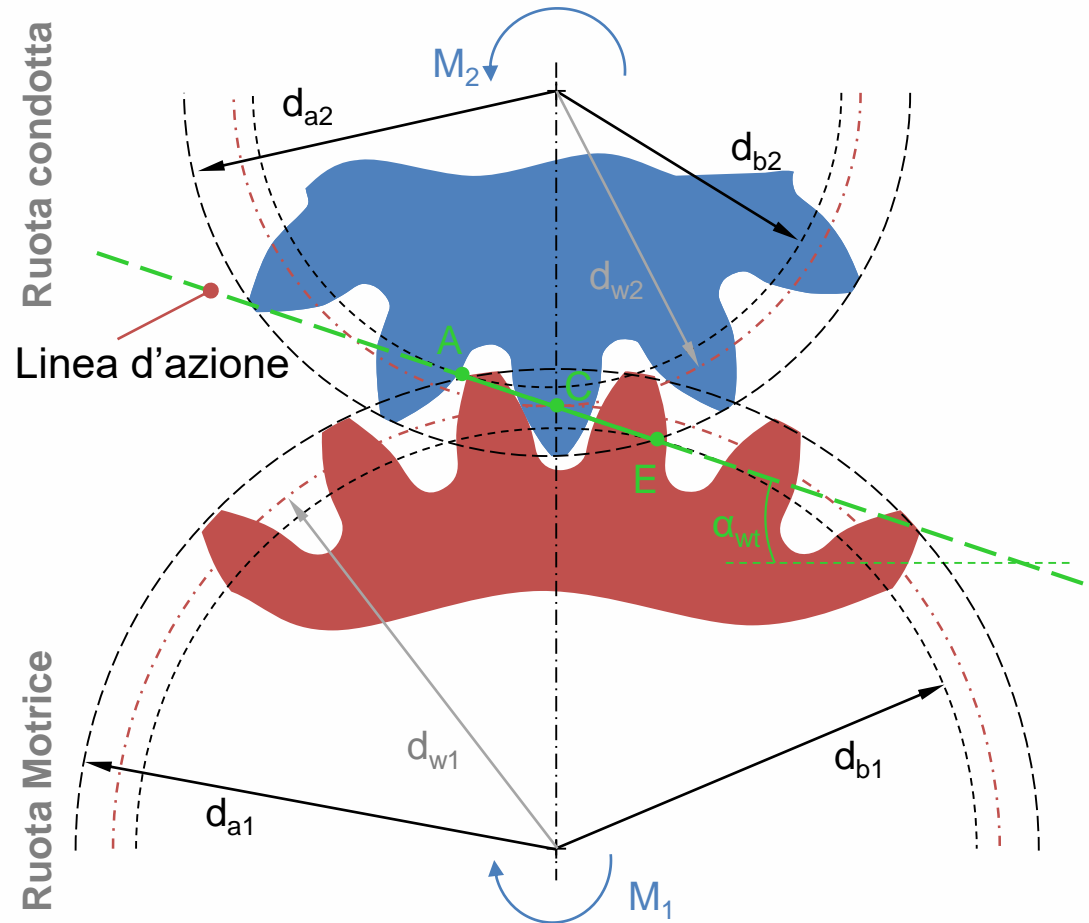
Fonte: DIN3992

Contatto dell'ingranaggio



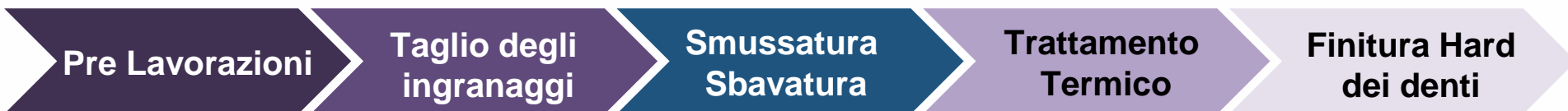
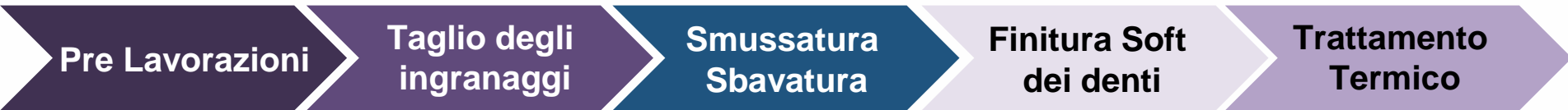
- A** Inizio del contatto
- C** Punto passo
- E** Fine del contatto

La linea d'azione (**AE**)
è inclinata secondo
l'angolo di pressione
di lavoro α_{wt}

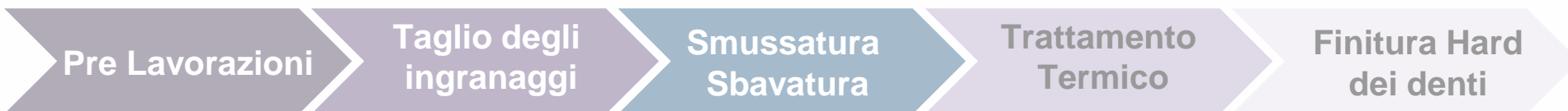
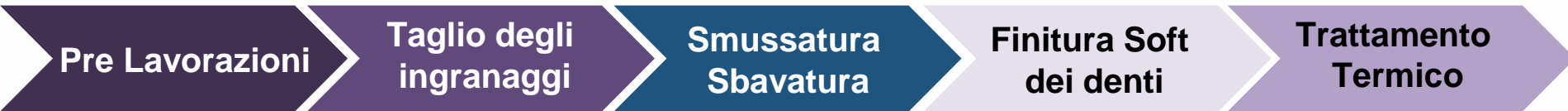


Fonte: DIN 3960

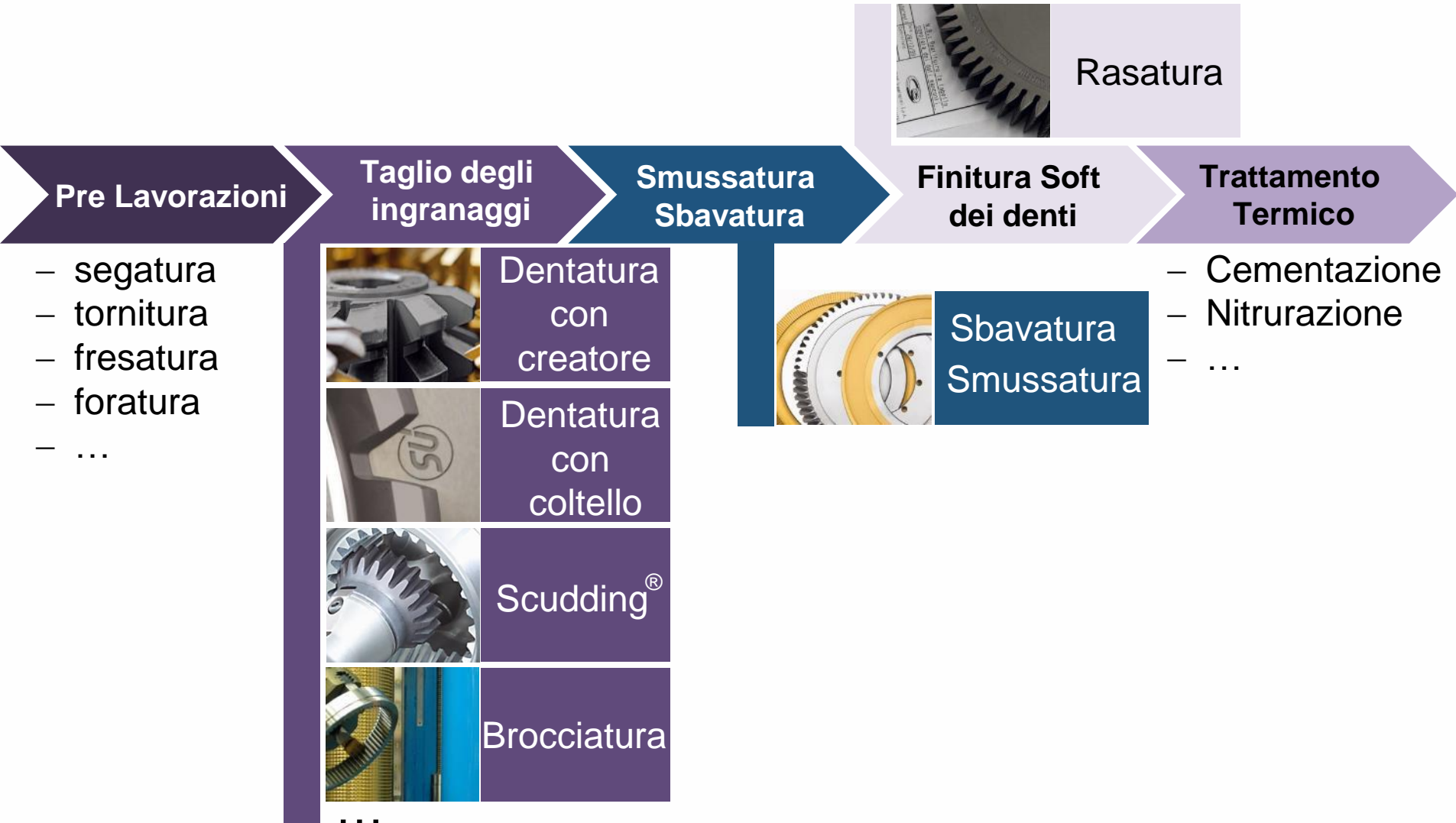
Processo di produzione degli ingranaggi



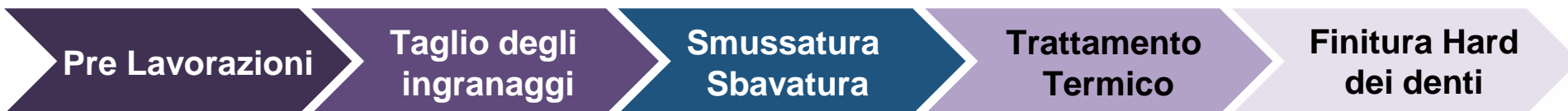
Processo di produzione degli ingranaggi



Processo di produzione degli ingranaggi

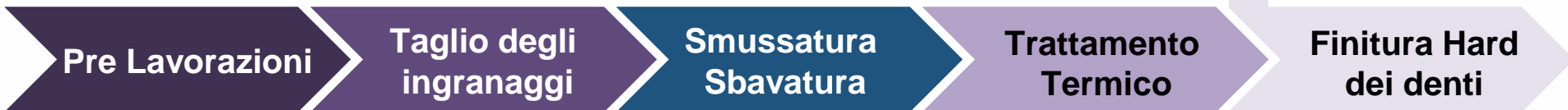


Processo di produzione degli ingranaggi



Processo di produzione degli ingranaggi

- segatura
- tornitura
- fresatura
- foratura
- ...



- Cementazione
- Nitrurazione
- ...

Comparazione dei processi produttivi

Finitura Soft



- Tempo ciclo breve
- +** • Basso costo delle machine utensili
- Alta produttività
- • Qualità di dentatura DIN 5-8
- Deformazioni dovute ai TT



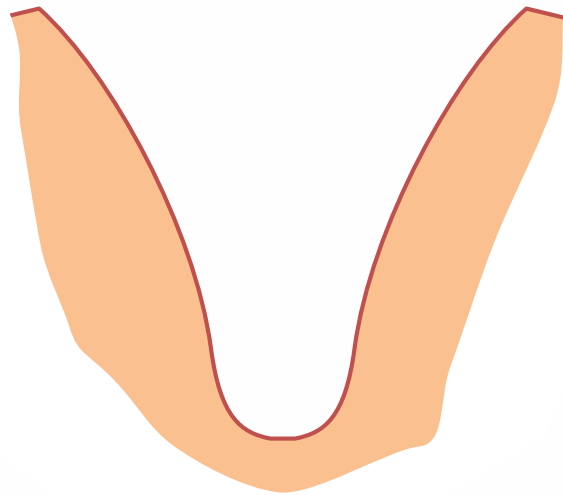
Finitura Hard



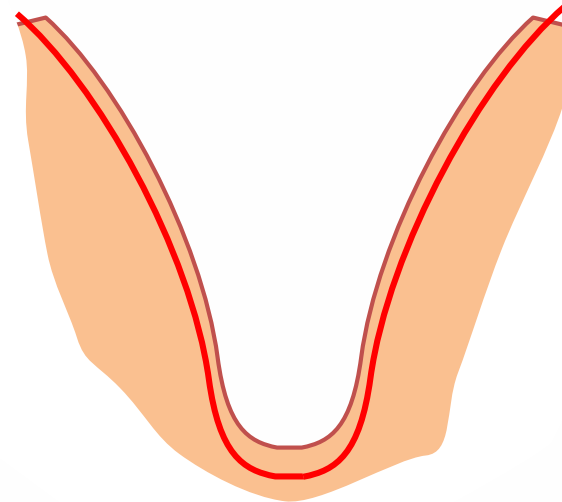
- Alta qualità di dentatura DIN 2-5
- +** • Bassa rugosità superficiale
- Qualità costante degli ingranaggi
- • Alto costo delle macchine



Lavorazioni di sgrossatura e finitura

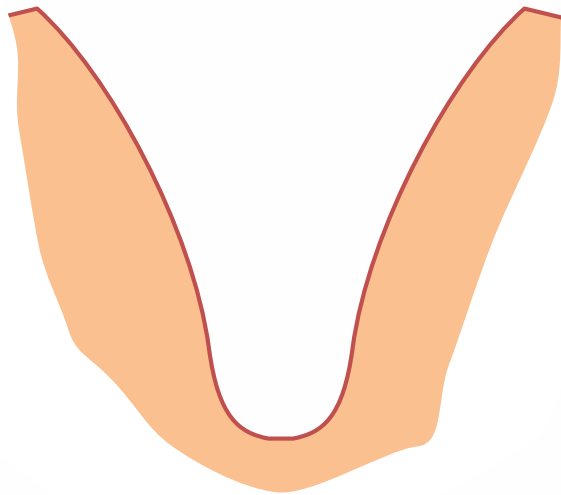


Lavorazione di sgrossatura

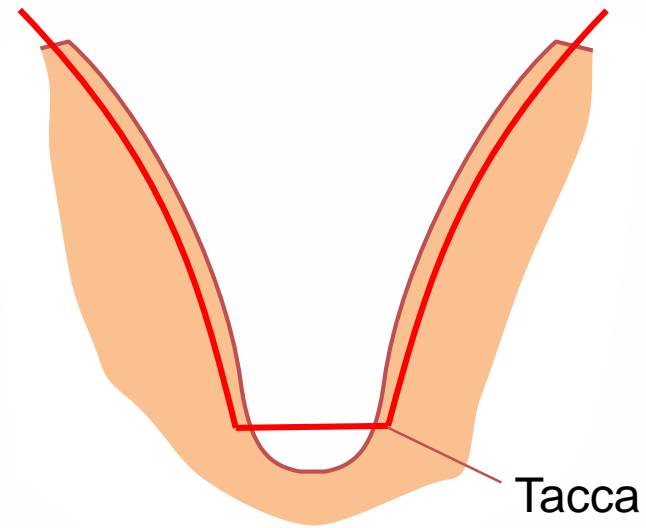


Lavorazione di finitura

Lavorazioni di sgrossatura e finitura

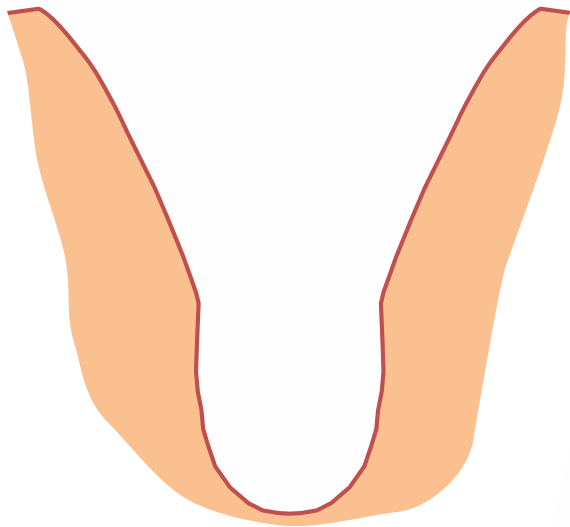


Lavorazione di sgrossatura

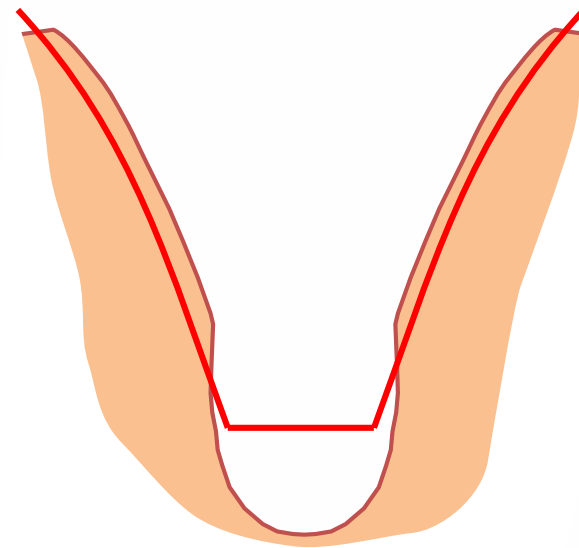


Lavorazione di finitura
senza finitura del fondo dente

Lavorazioni di sgrossatura e finitura



Lavorazione di sgrossatura
con protuberanza

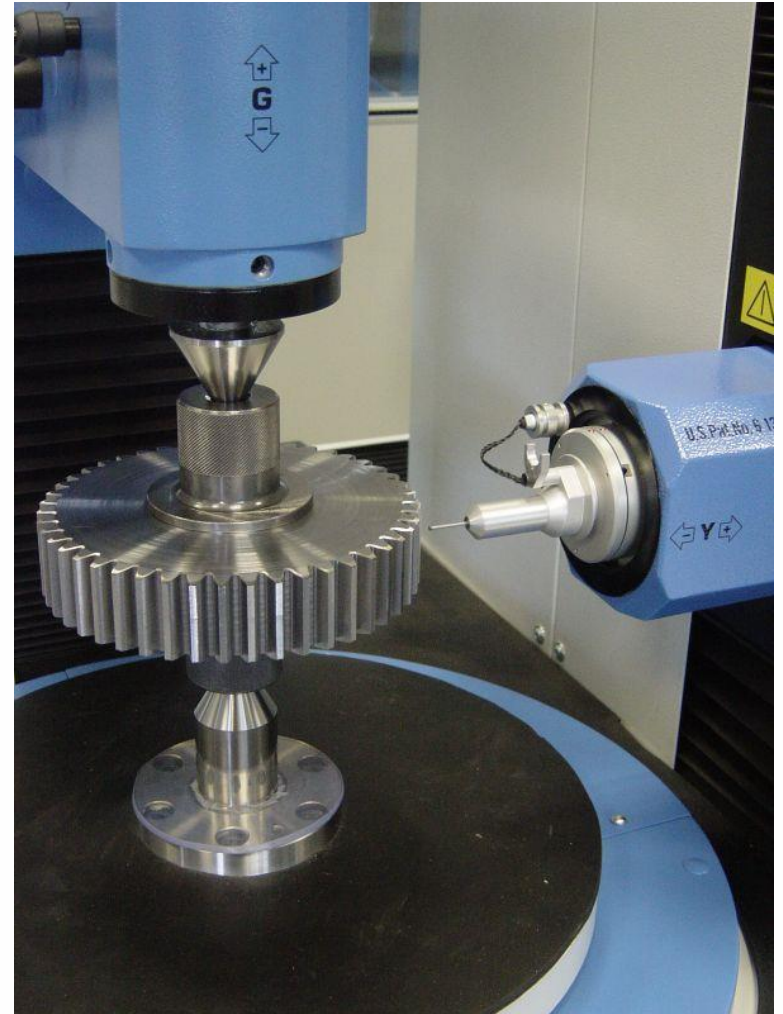


Lavorazione di finitura
senza finitura del fondo dente

Controllo degli ingranaggi



Fonte: Klingelberg

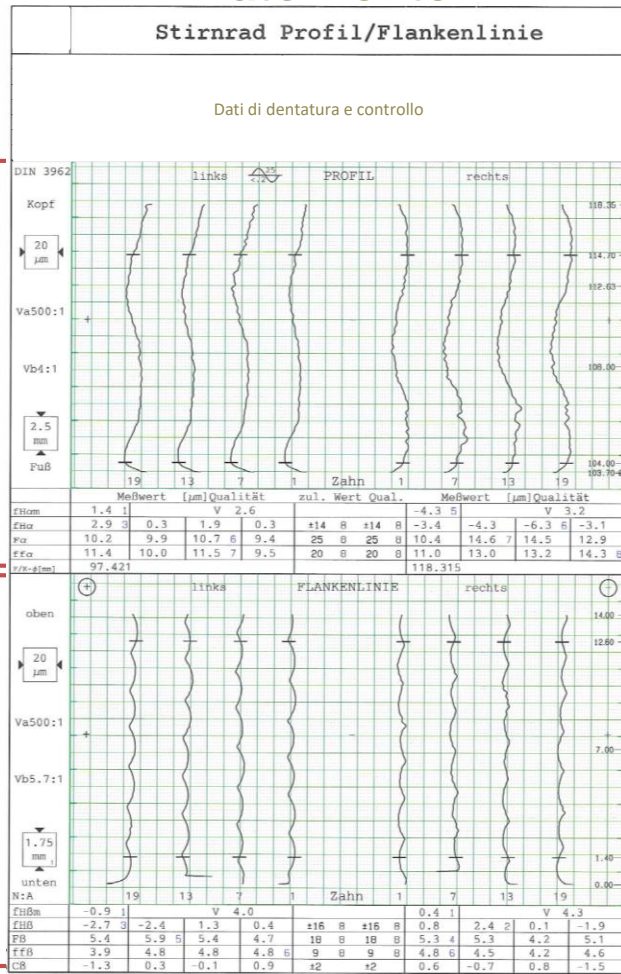


Risultato delle misurazioni

Lato fronte

Profilo

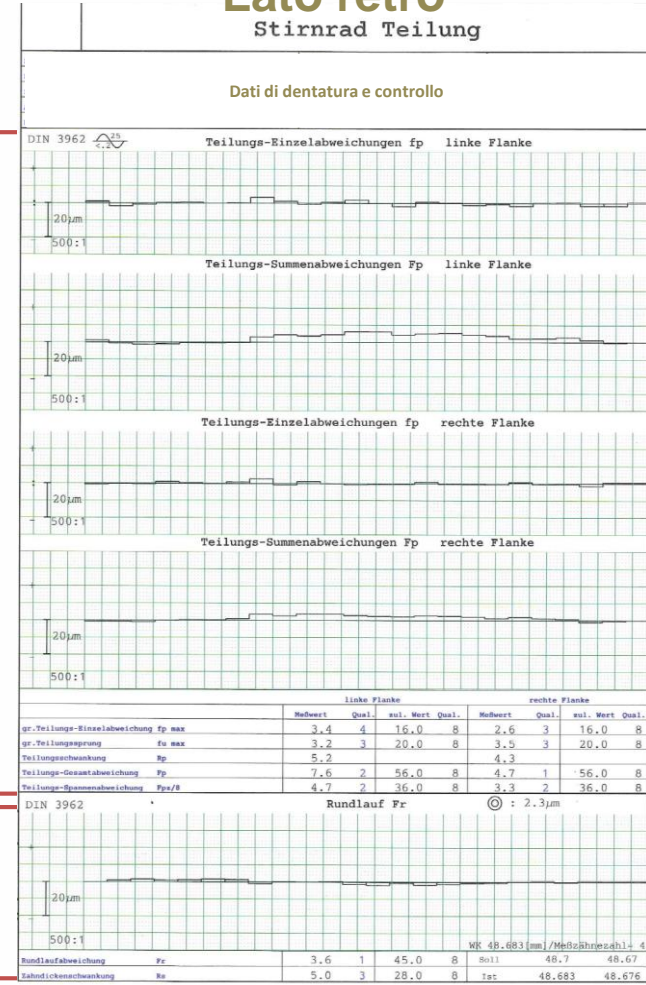
Elica



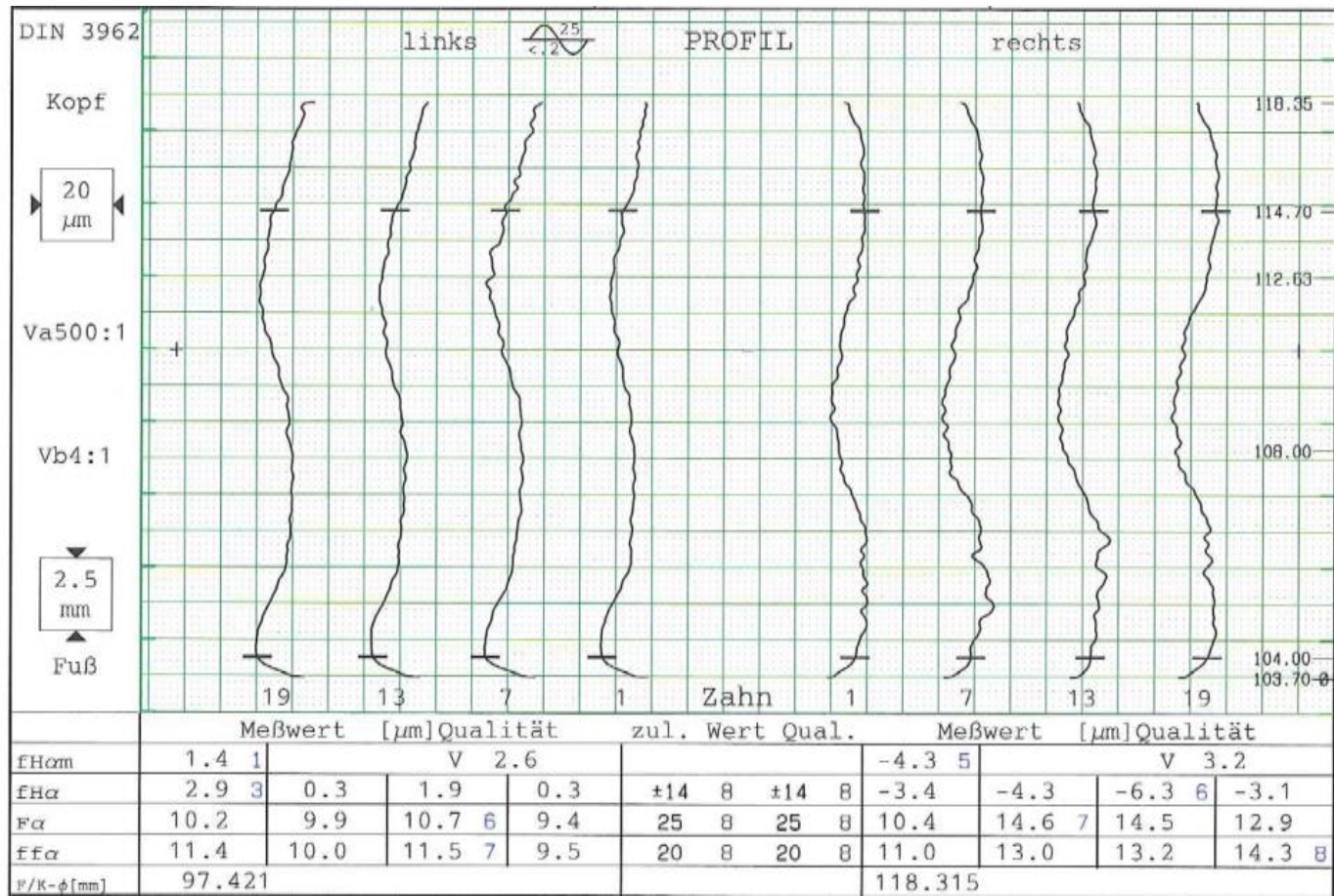
Lato retro

Passo

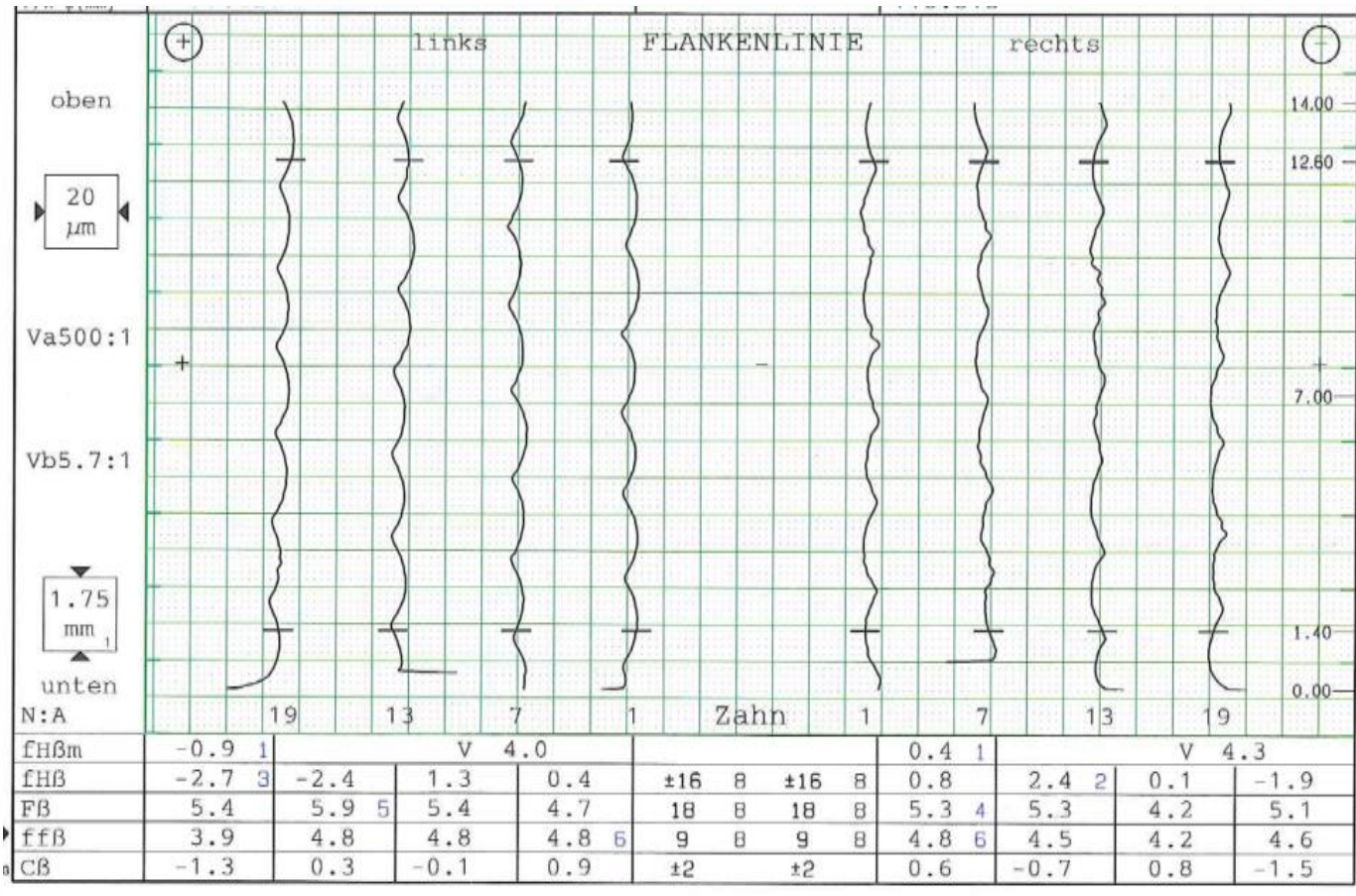
Scarto



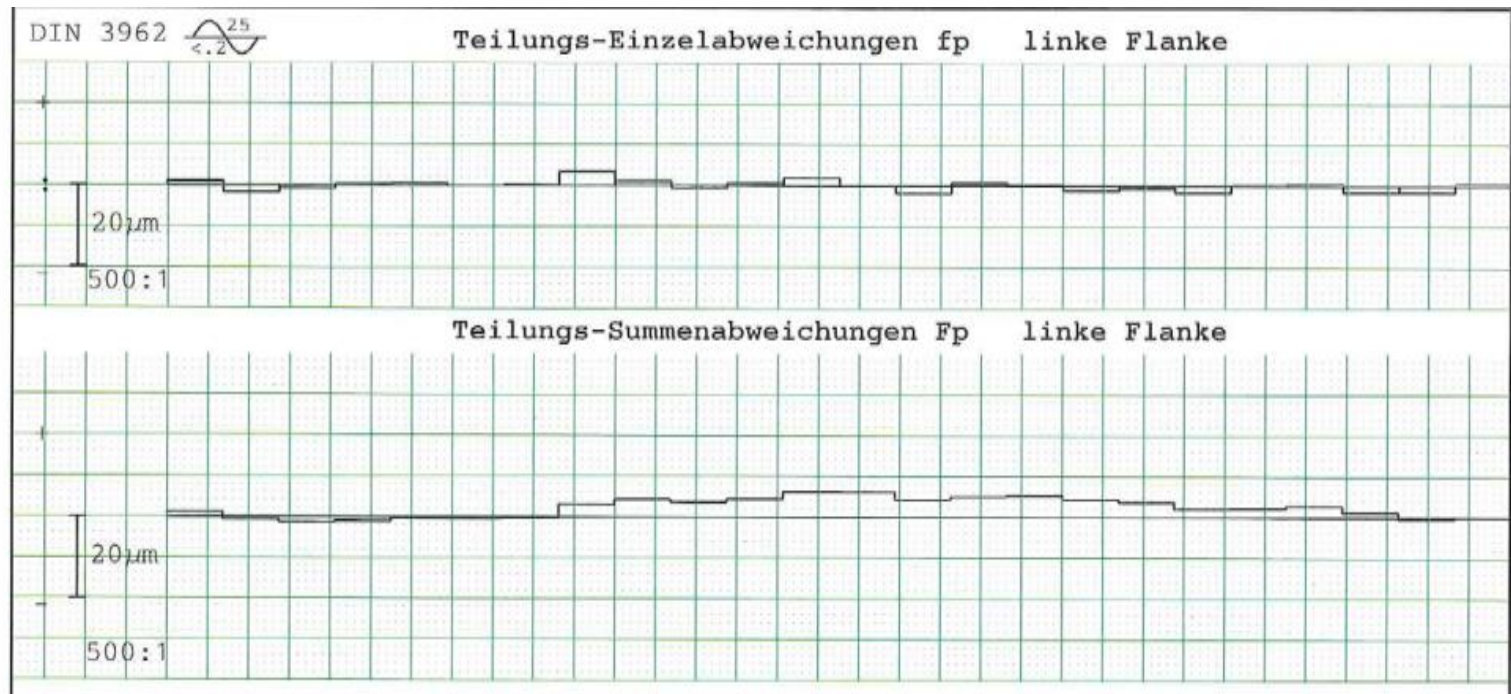
Risultato delle misurazioni – Grafico del profilo



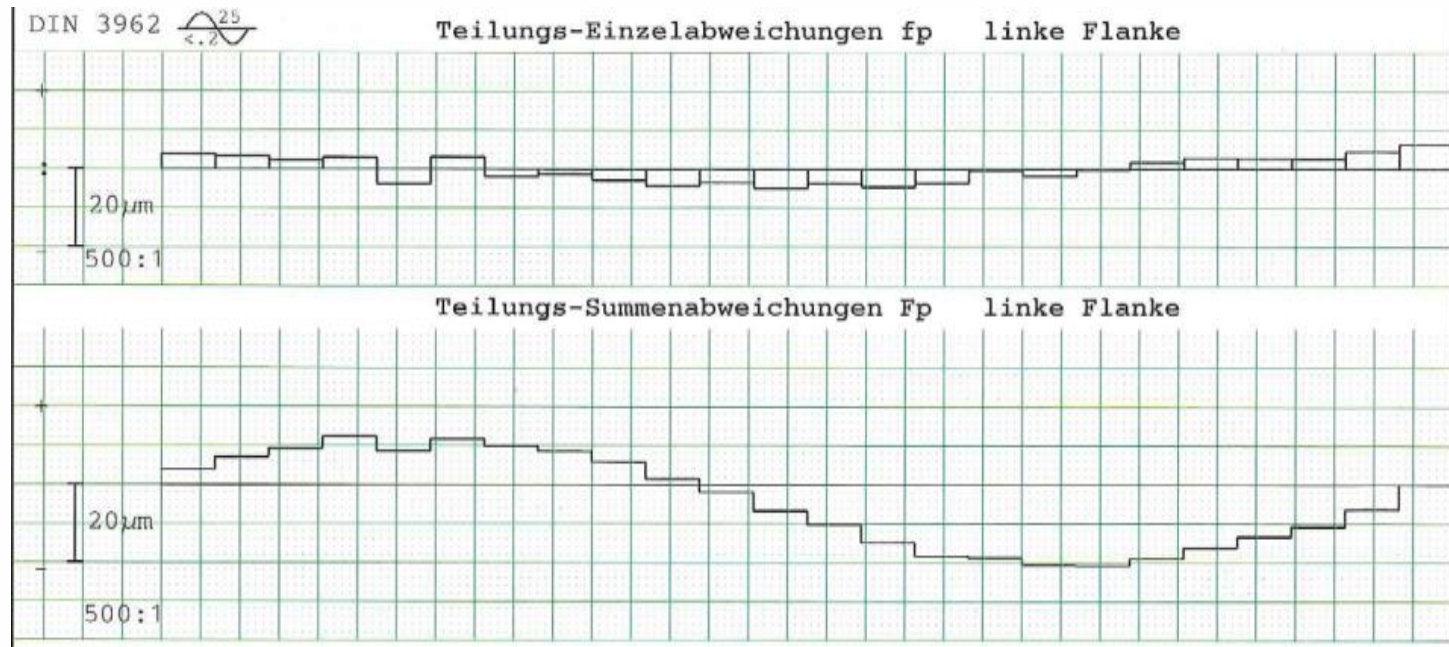
Risultato delle misurazioni – Grafico dell'elica



Risultato delle misurazioni – Passo (Buono)



Risultato delle misurazioni – Passo (non accettabile)



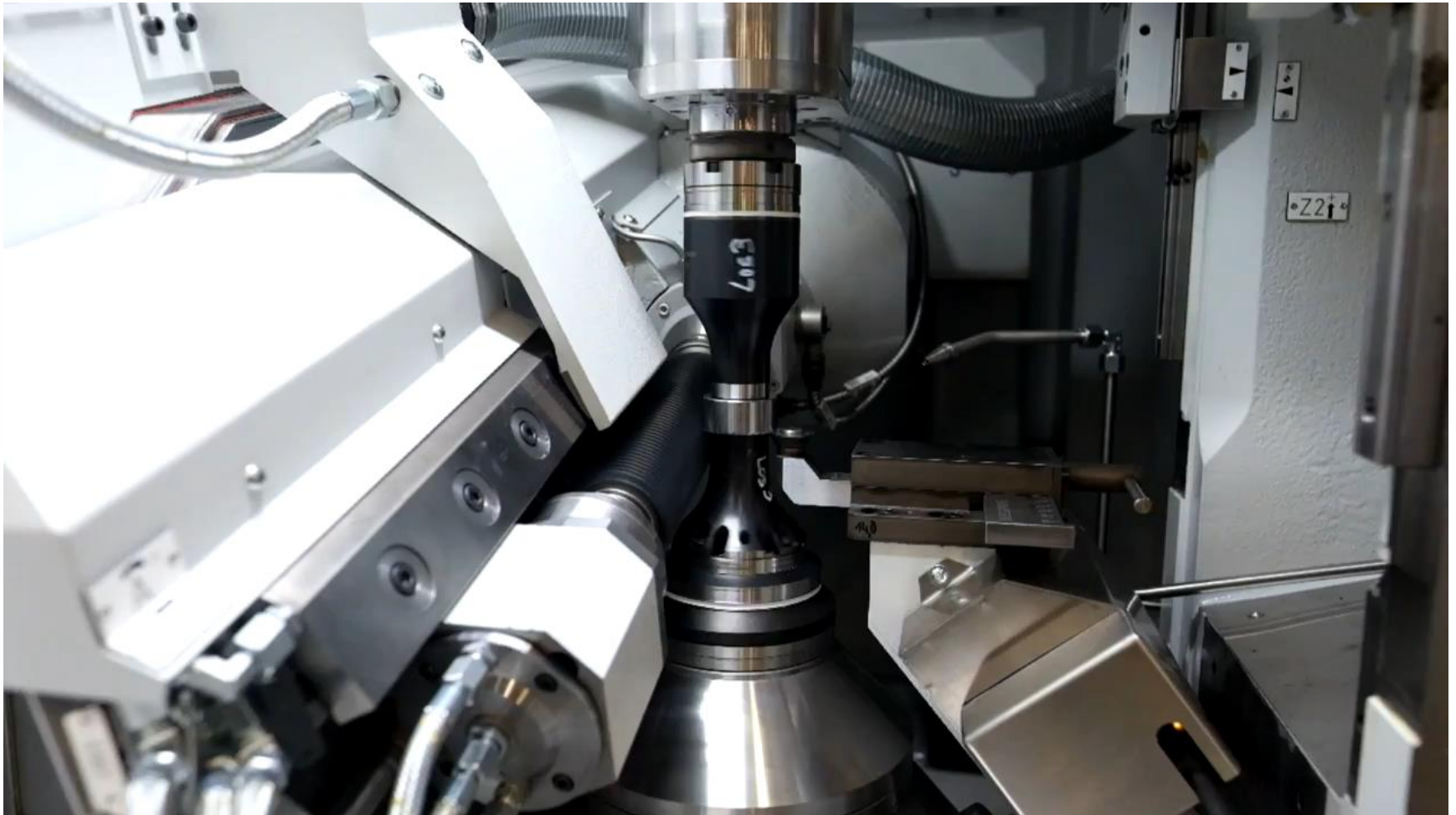
- Bassa deviazione del passo singolo f_p
- Significativa deviazione della somma di passo F_p
- Motivo: il pezzo non era correttamente allineato durante la dentatura

Training Dentatura con creatore



Dentatura con creatore

Dentatura con creatore



Fonte: Star SU LLC, FFG Modul

Geometria dei creatori



Superficie tagliante

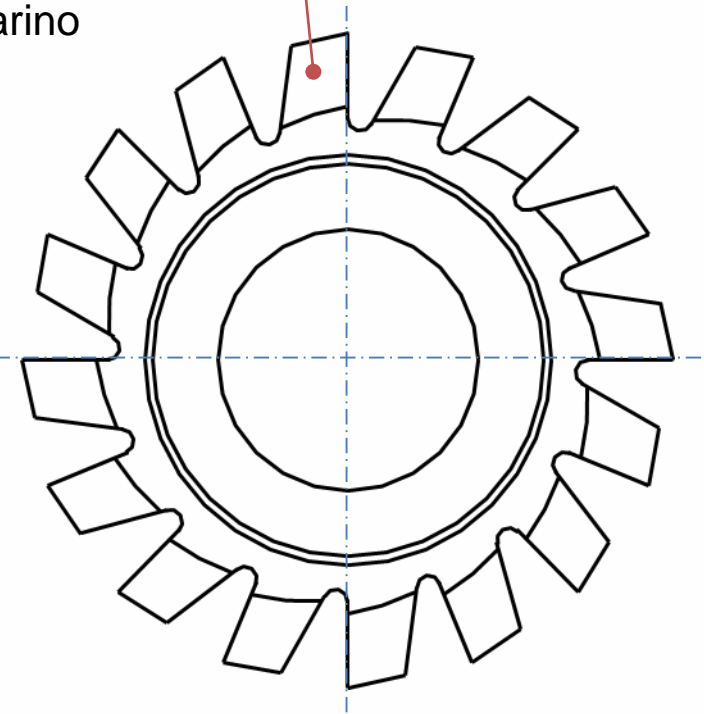
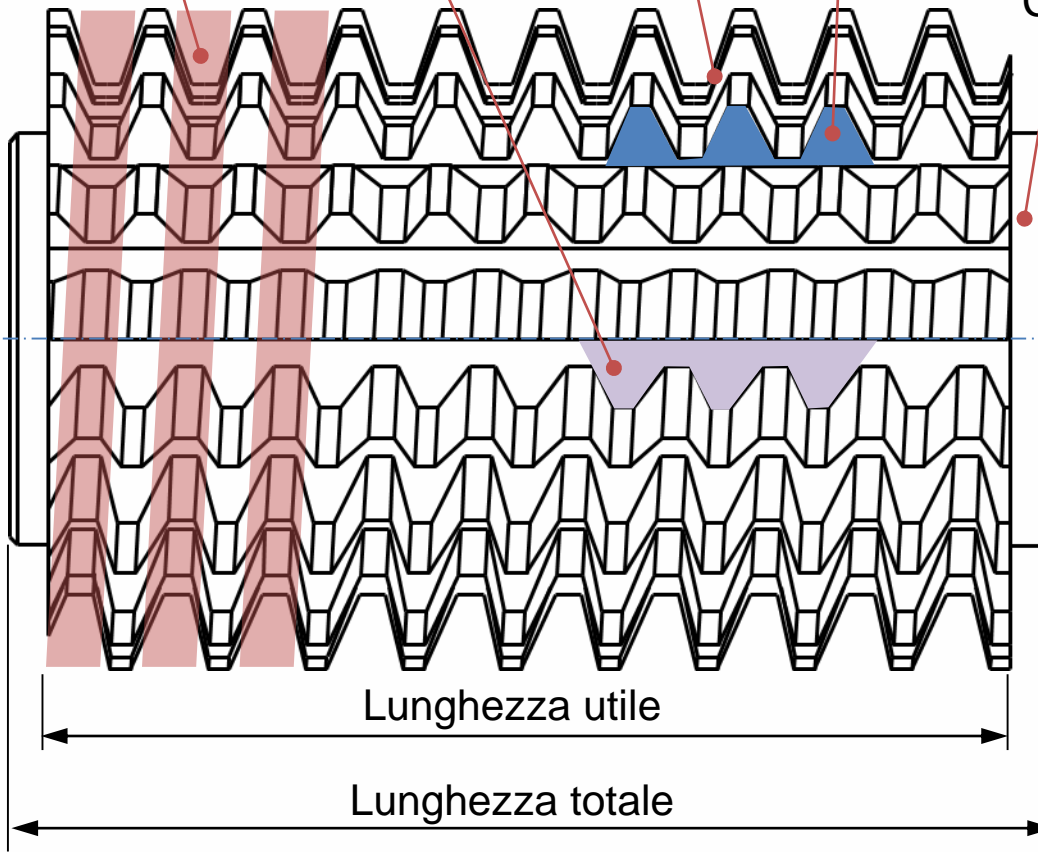
Filetti

Dorso dei denti

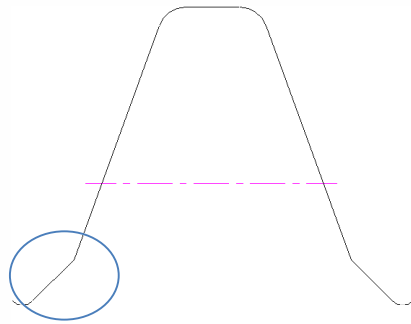
Fianchi

Collarino

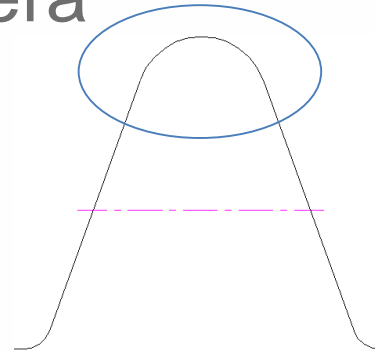
Tagliante



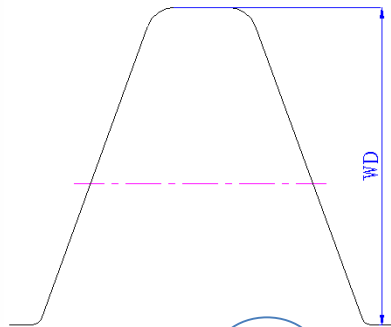
Geometria della cremagliera



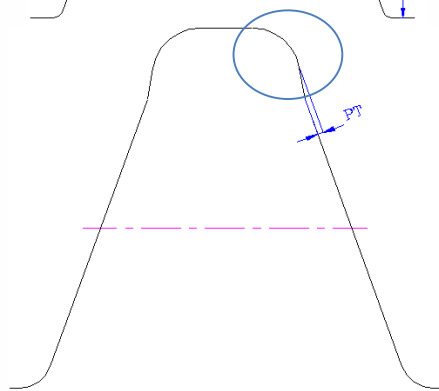
SEMITOPPING



RAGGIO PIENO
FULL RADIUS



TOPPING



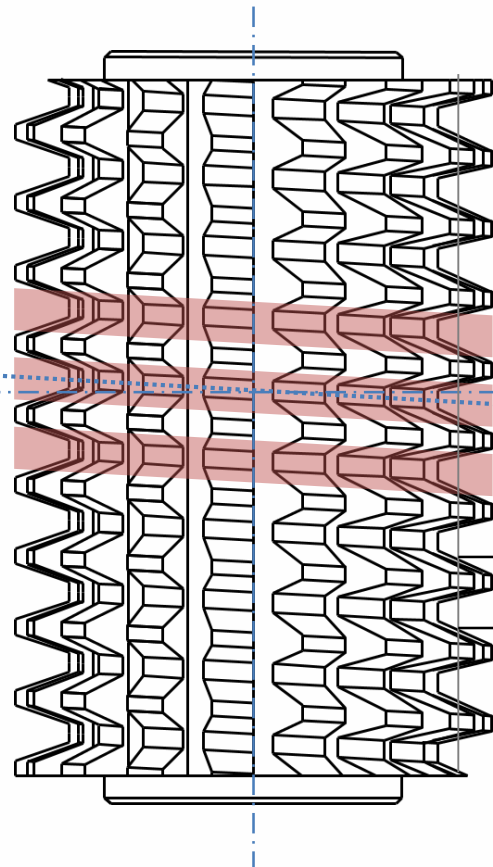
PROTUBERANCE

Direzione dell'elica



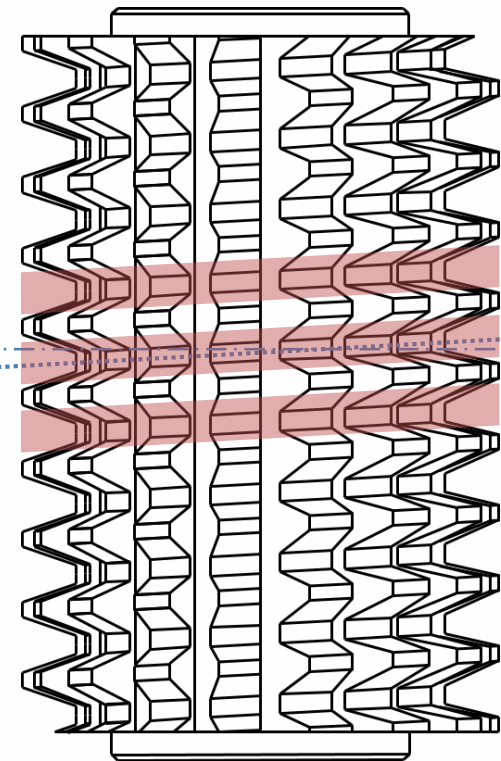
Creatore elica sinistra

Creatore elica destra



Angolo di elica
 Y_0

Passo assiale
 p



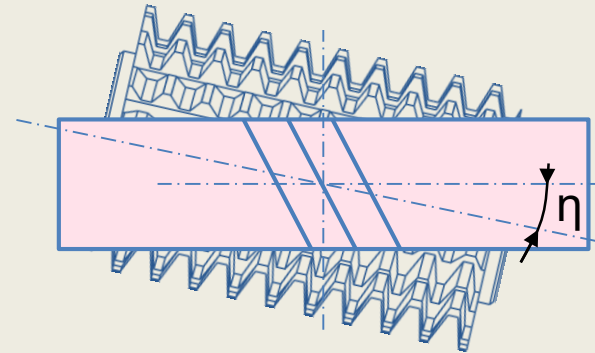
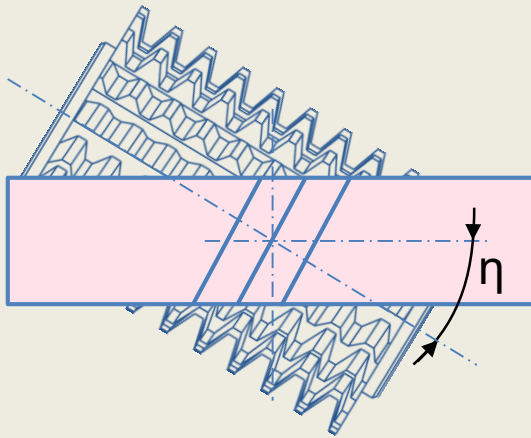
Y_0

Combinazioni piazzamento pezzo-creatore

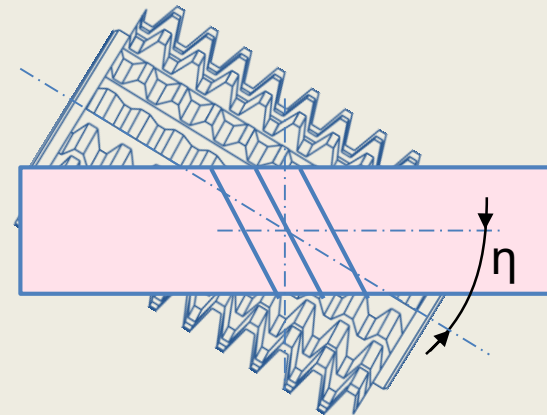
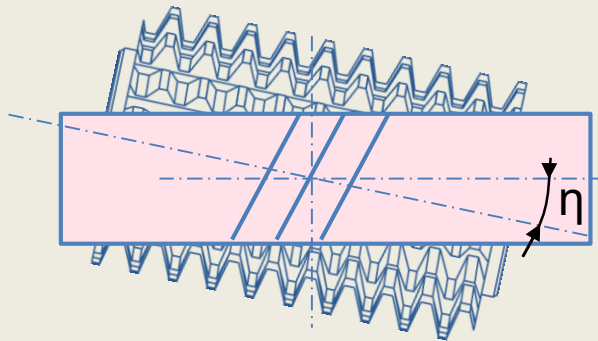
Pezzo con elica destro

Pezzo con elica sinistro

Creatore elica sinistra



Creatore elica destra



Climb Cutting

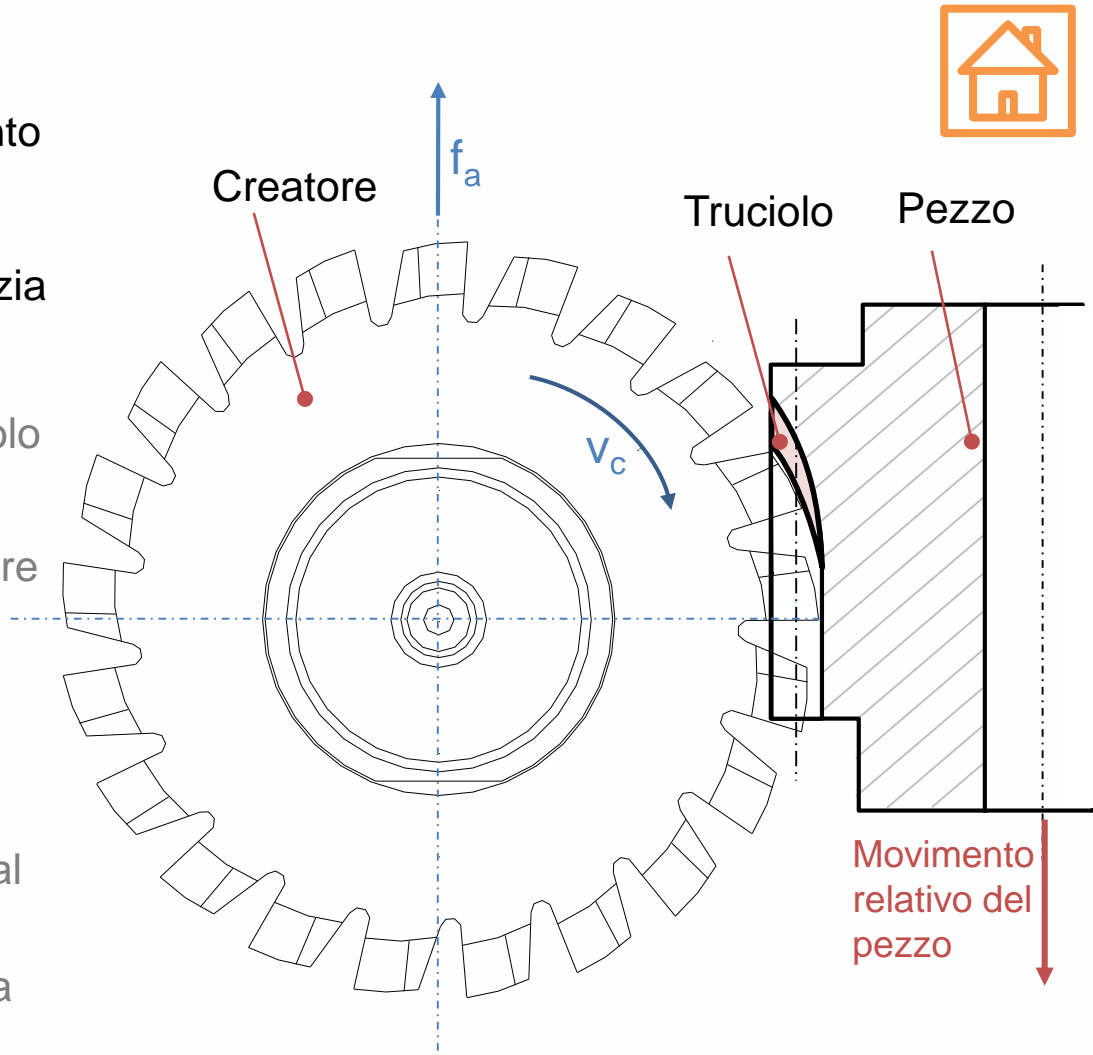
La velocità di taglio e il movimento relativo del pezzo puntano nella stessa direzione. La formazione del truciolo a forma di virgola inizia con una estremità spessa.



- Buona formazione del truciolo
- Bassa formazione di bava
- Velocità fino al 50% superiore rispetto al conventional cutting



- Elevate forze orizzontali
- “Effetto Chattering” dovuto al gioco macchina
- Superficie regolare ed opaca



Conventional cutting

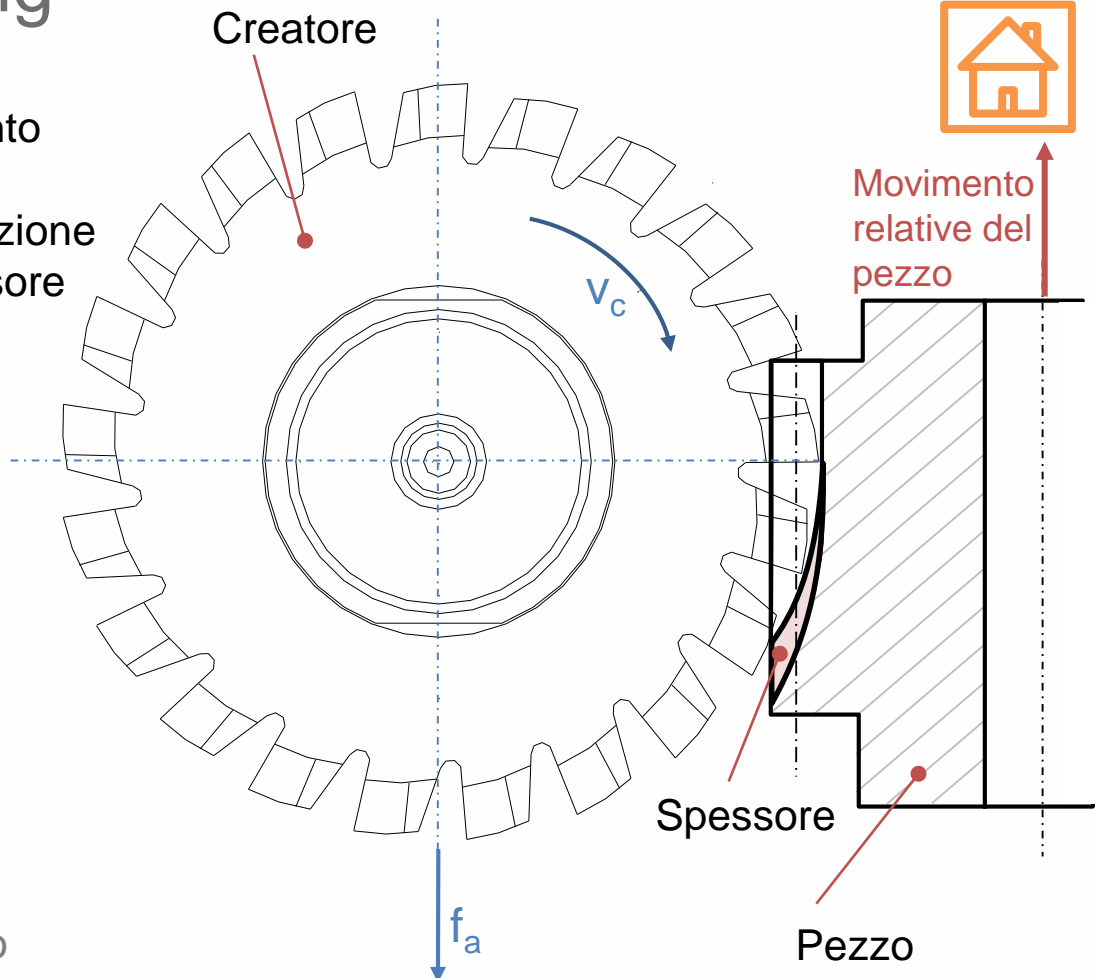
La velocità di taglio e il movimento relativo del pezzo puntano in direzione opposta. Critica formazione del truciolo dovuta ad uno spessore truciolo molto sottile nel punto di contatto dello spigolo tagliente.



- Buona condizione della superficie
- Direzione della forza migliorata

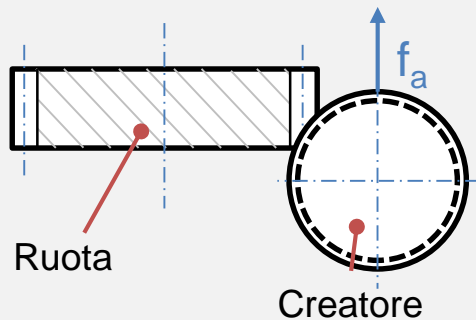


- Formazione critica del truciolo
- Spigolo tagliente scivola sopra la superficie del pezzo
- Può verificarsi un incrudimento della superficie



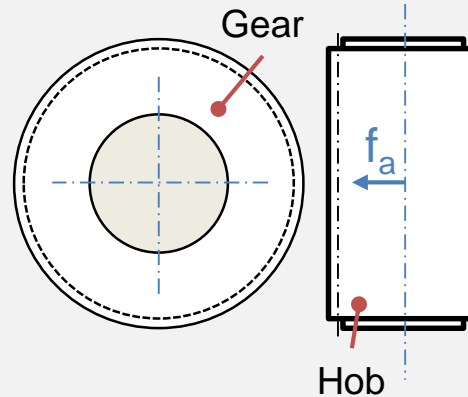
Metodi di approccio

Approccio assiale



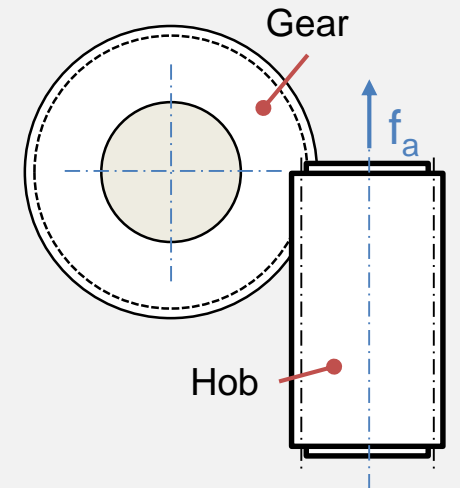
Il creatore si sposta lungo la direzione assiale del pezzo. E' richiesta una lunga distanza di approccio.

Approccio radiale



Il creatore si sposta lungo la direzione radiale del pezzo (solo per corone di vite senza fine).

Approccio tangenziale



Il creatore si sposta lungo la direzione tangenziale del pezzo (solo per corone di vite senza fine).

Approccio radiale-assiale

Il creatore si avvicina con un avanzamento radiale fino alla profondità richiesta e quindi continua con un avanzamento assiale. Questo riduce la lunghezza di approccio.

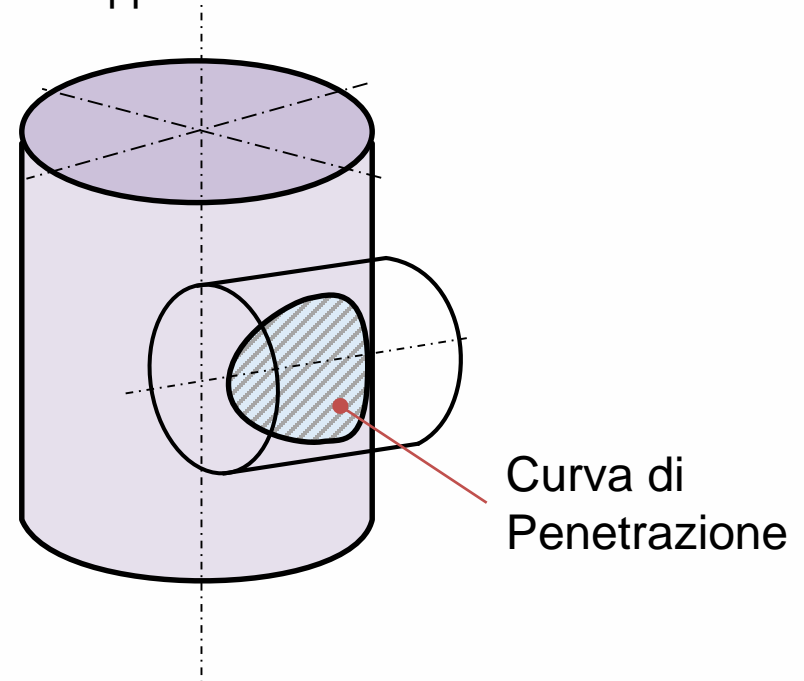
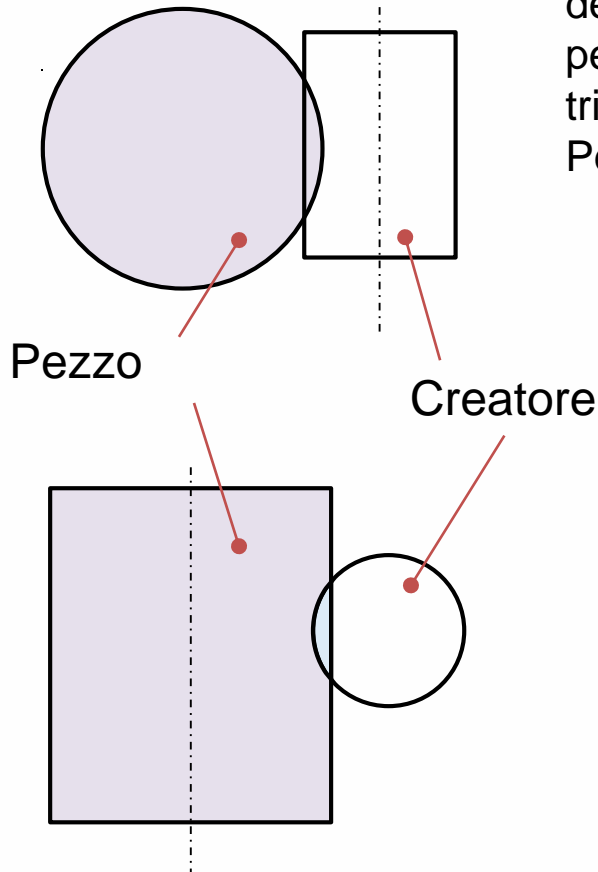
Curva di penetrazione



Il contatto tra l'utensile ed il pezzo forma un piano delimitato dalla curva di penetrazione. La zona di penetrazione è contrassegnata da una curva tridimensionale.

Per calcolare questa curva bisogna conoscere:

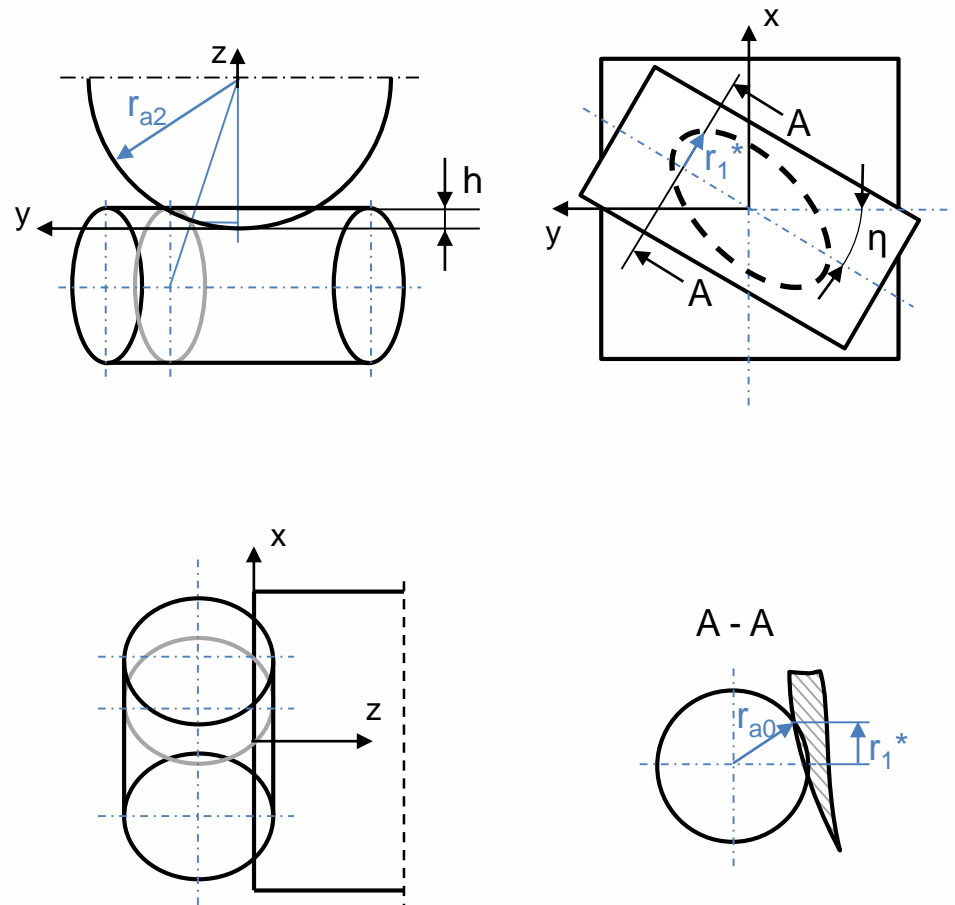
- la lunghezza della zona di lavoro del creatore
- la lunghezza del setting e
- La corsa dell'approccio assiale.



Calcolo della curva di penetrazione



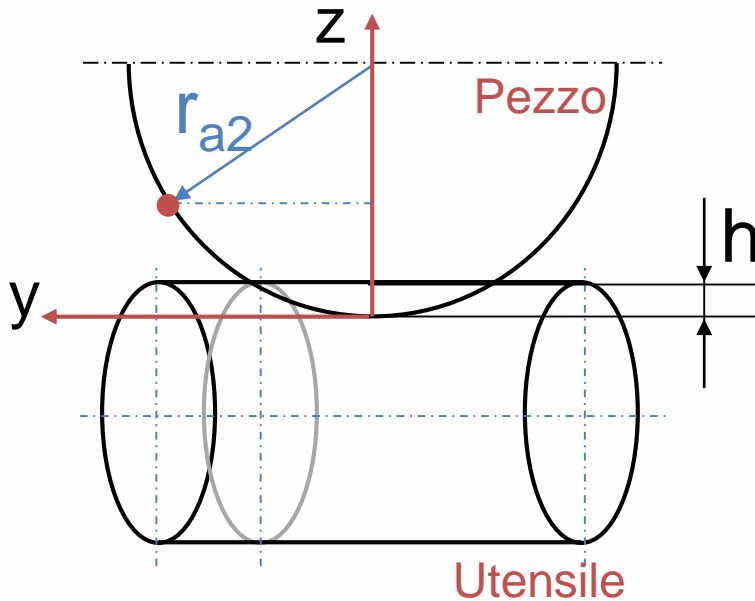
La forma della curva di penetrazione dipende dal diametro dell'utensile d_{a0} e del pezzo d_{a2} , la profondità di taglio h e l'angolo di incrocio η . La posizione della curva di penetrazione è determinate da il processo utilizzato e dalla direzione (elica destra o sinistra) del pezzo e del creatore.



Calcolo della curva di penetrazione



y-z-piano:



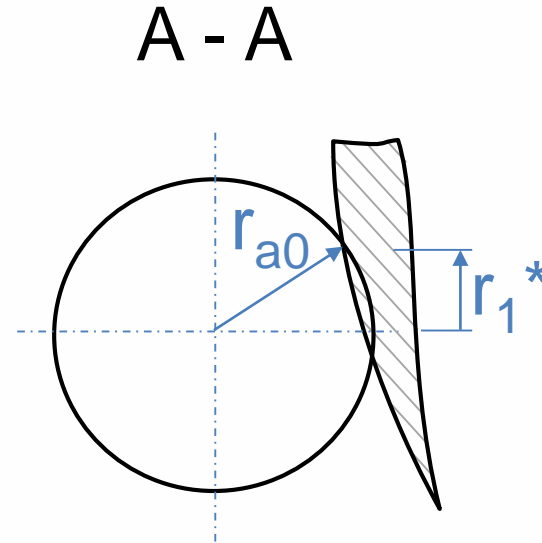
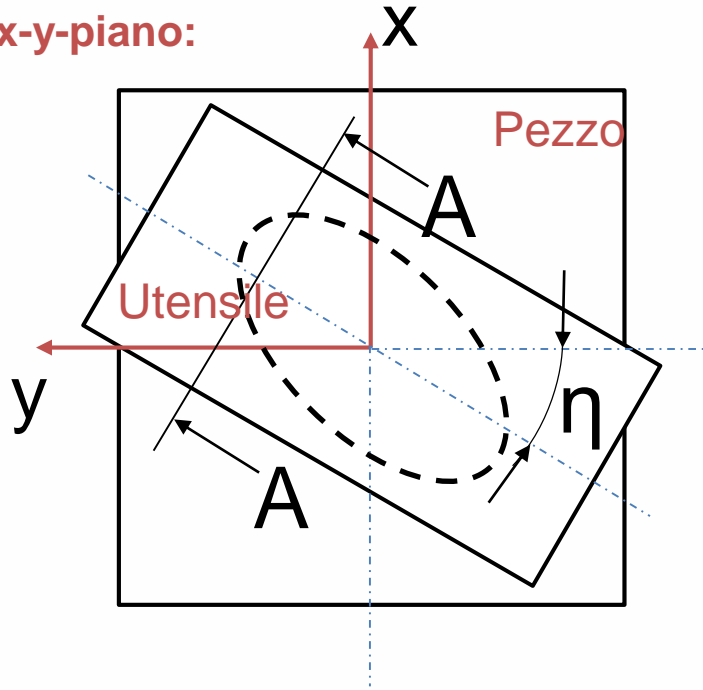
$$r_{a2}^2 = y^2 + (r_{a2} - z)^2$$

$$z = \frac{d_{a2}}{2} - \sqrt{\left(\frac{d_{a2}}{2}\right)^2 - y^2}$$

Calcolo della curva di penetrazione



x-y-piano:



$$x = \frac{r_1^*}{\cos \eta} + y \cdot \tan \eta$$

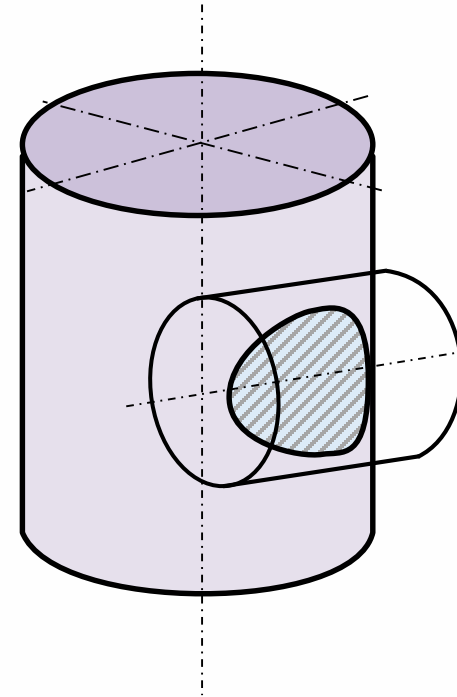
$$\left(\frac{d_{a0}}{2}\right)^2 = r_1^{*2} + \left(\frac{d_{a0}}{2} - h + z\right)^2$$

$$r_1^* = \sqrt{\left(\frac{d_{a0}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{a0}}{2} - h + \frac{d_{a2}}{2} - \sqrt{\left(\frac{d_{a2}}{2}\right)^2 - y^2}\right)^2}$$

Calcolo della curva di penetrazione



Aggiungendo r_1^* alla formula 1 otteniamo la formula generale con la quale calcolare la curva di penetrazione sul piano x-y.
Scegliendo i valori y, le relative coordinate x della curva di penetrazione possono essere calcolate secondo la formula 2.



$$x = y \cdot \tan \eta \pm \frac{1}{\cos \eta} \cdot \sqrt{\left(\frac{d_{a0}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{a0}}{2} - h + \frac{d_{a2}}{2} - \sqrt{\left(\frac{d_{a2}}{2}\right)^2 - y^2}\right)^2} \quad \text{con} \quad \eta = \beta_2 - \gamma_0$$

Lunghezza di un creatore

Il desiderio di aumentare la vita utensile tra le affilature è sempre più richiesto dai produttori di ingranaggi. Il cambio utensile, le affilature e talvolta il rivestimento sono tutte cause significative di costi in termini di tempo e denaro. La norma DIN 8002 fornisce solo una indicazione di massima della lunghezza creatore. In realtà afferma solamente che ci devono essere 3-4 denti per ogni fila. C'è stata una grande ricerca da parte dei costruttori in termini di durata utensile utilizzando l'idea di usare angoli di spoglia o di dividere i denti di grossatura e di finitura, per esempio. Tutti questi tentativi, tuttavia, non sono stati in grado di eliminare gli alti costi derivanti dall'operazione di affilatura creatore.

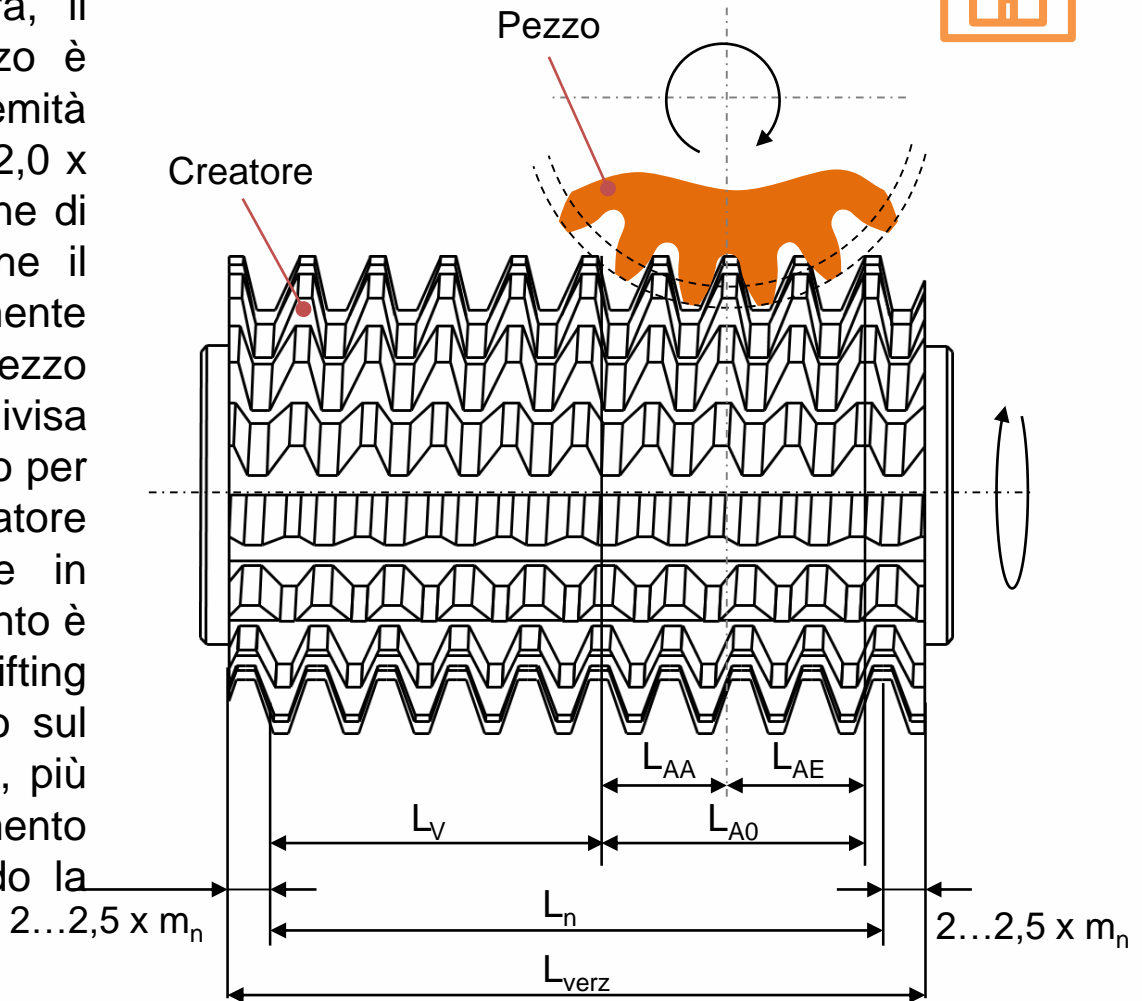
La strada più semplice per aumentare la vita utensile è di incrementare l'area di shifting creatore. L'immagine successiva chiarisce questa nozione, illustrando le aree di lavoro del creatore.



Lunghezza di un creatore

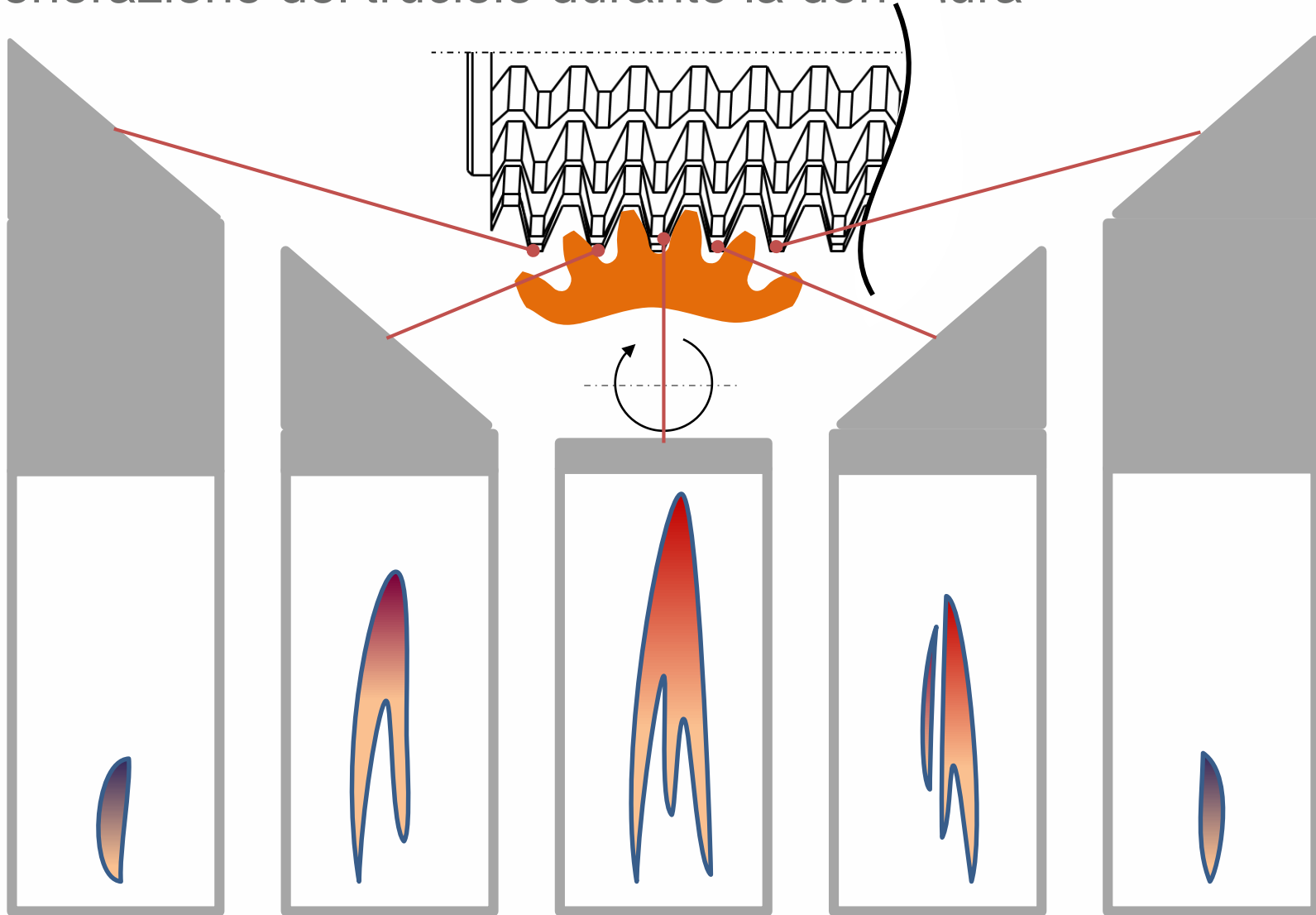


Durante il processo di dentatura, il contatto tra l'utensile ed il pezzo è diviso in differenti zone. Sull'estremità destra e sinistra una quantità da $2,0 \times m_n$ a $2,5 \times m_n$ serve come margine di sicurezza al fine di garantire che il vano dente sia adeguatamente formato. L'area in contatto con il pezzo è chiamata L_{A0} . Questa zona è divisa in L_{AE} e L_{AA} . Dopo aver funzionato per un certo periodo di tempo, il creatore viene spostato automaticamente in direzione assiale. Questo movimento è conosciuto come shifting. Lo shifting viene usato per dividere il carico sul creatore. Dopo ogni spostamento, più denti dal lato di avvicinamento partecipano nel taglio, diminuendo la tensione sul lato uscita.

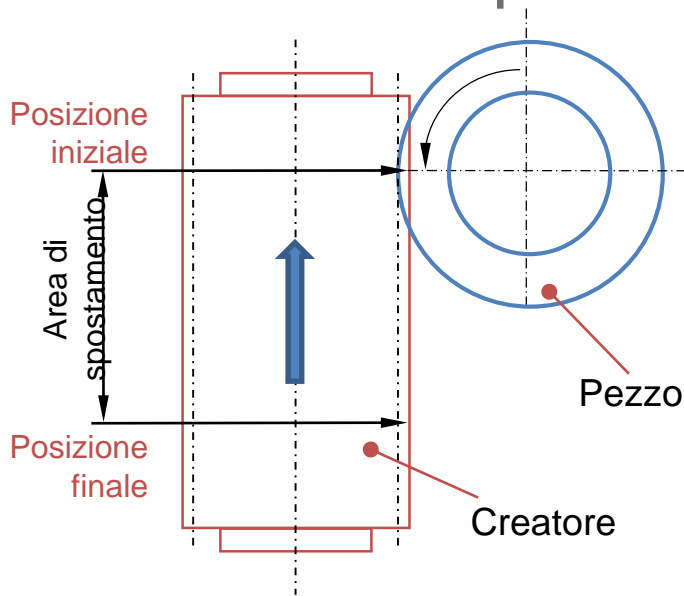


Generazione del truciolo durante la dentatura

Geometrie del truciolo

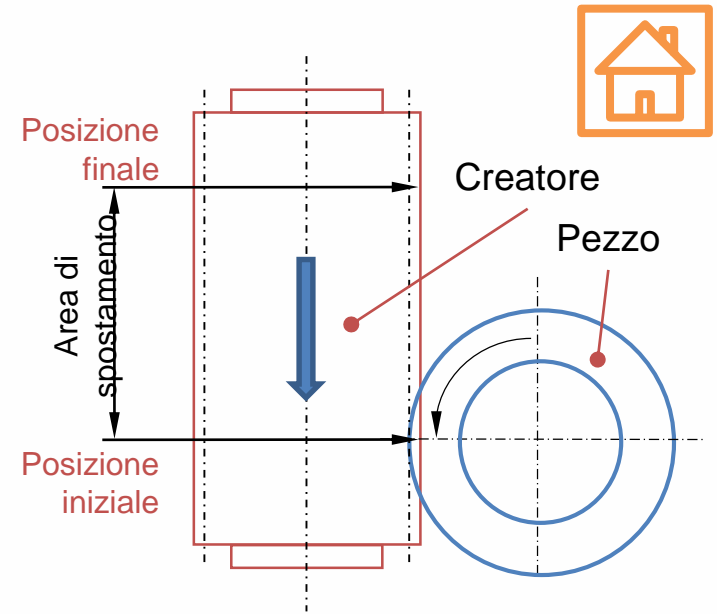


Direzione dello spostamento



Spostamento in direzione opposta alla rotazione della tavola

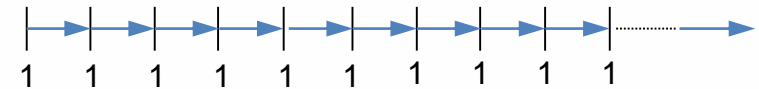
Ciò significa che il creatore è alimentato dall'area di uscita del profilo all'area di ingresso del profilo. Questo garantisce che il profilo è sempre formato da nuovi taglienti. Molto comune.



Spostamento nella stessa direzione della rotazione della tavola

Questo spostamento è principalmente utilizzato per la finitura. Con questo metodo i denti nuovi lavorano sempre nella zona di sgrossatura il che si traduce con un taglio pulito e bassa diffusione del calore.

Strategia dello spostamento (1/2)



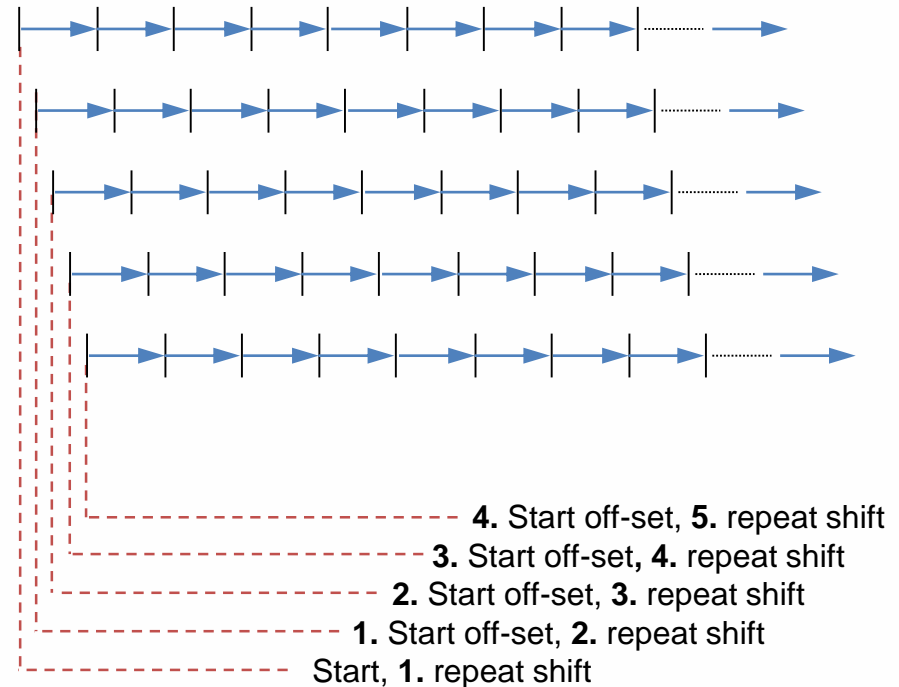
1...n = Numero di pezzi lavorati in una posizione di spostamento

Con la vecchia generazione di macchine, non è possibile spostare il creatore a piccoli incrementi (a causa di sistemi di movimentazione imprecisi usati per il movimento tangenziale del creatore). In ogni posizione di spostamento uno o più pezzi (pila) vengono lavorati e l'incremento dello spostamento è circa della stessa dimensione del modulo.

Grazie all'introduzione della tecnologia CNC sulle dentatrici, è ora possibile avere piccoli ed accurati spostamenti del creatore. E' infatti consuetudine avere un piccolo spostamento dopo ogni pezzo o pezzi lavorati. E' dimostrato vantaggioso con i creatori con rivestimento TiN per spostare i creatori più volte lungo la lunghezza totale fino a che la massima larghezza della zona di usura è stata raggiunta. Lo spostamento incrementale dovrebbe essere compreso tra 0,2 mm e 0,6 mm.

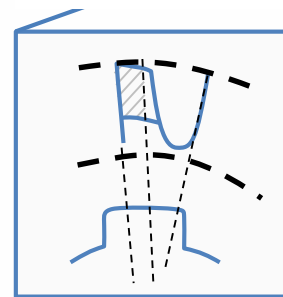
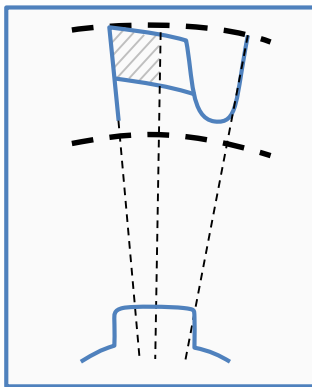
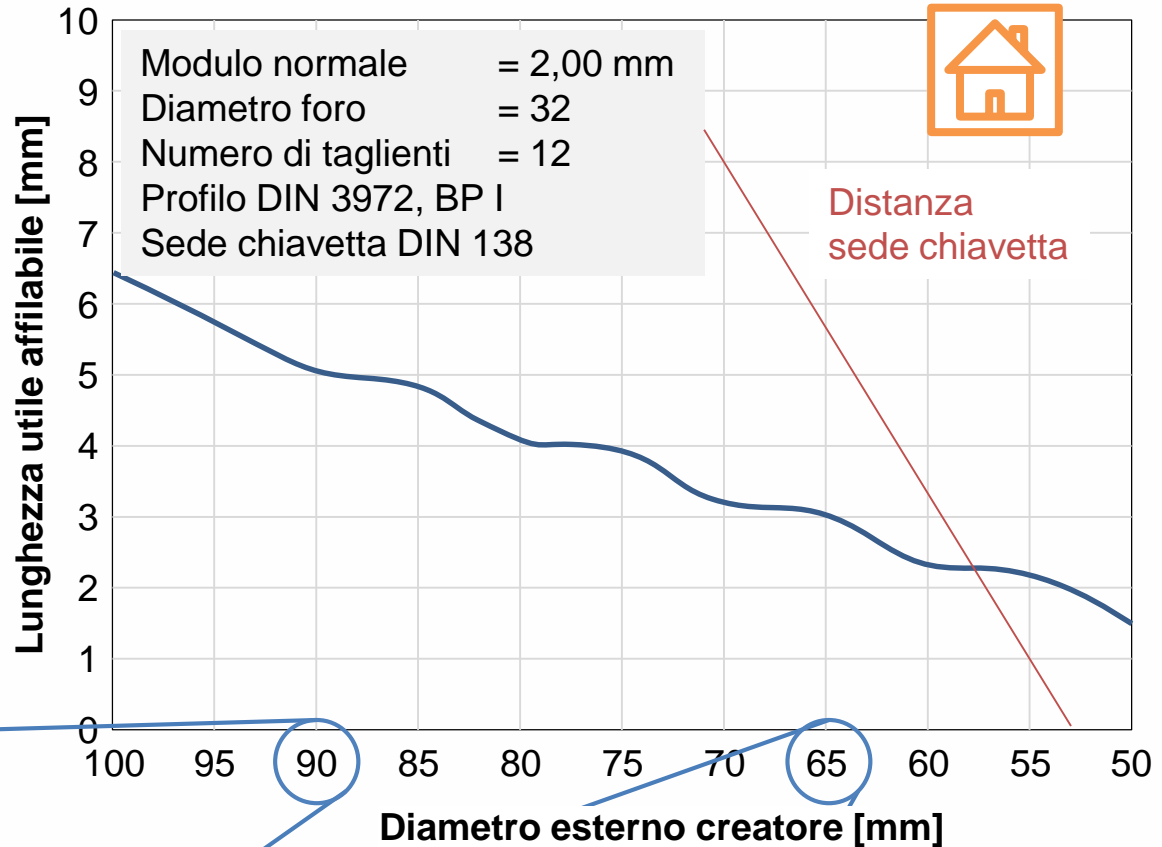
Strategia dello spostamento (2/2)

Inoltre recenti ricerche mostrano che se il metodo dello spostamento incrementale è usato con i creatori ad alto rendimento, è possibile ottenere un miglioramento in termini di vita complessiva dell'utensile. Con questo metodo l'incremento dello spostamento creatore è relativamente grande dopo ogni pezzo o gruppi di pezzi. Durante lo spostamento ripetuto, l'area compresa tra le distanze del centro dello spostamento è usata come un piccolo off-set iniziale. Questa procedura riduce il riscaldamento del creatore. L'off-set iniziale va circa da 0,1mm a 0,2mm. Le moderne machine CNC supportano anche queste strategie di spostamento con adeguate apparecchiature di controllo.



Diametro esterno

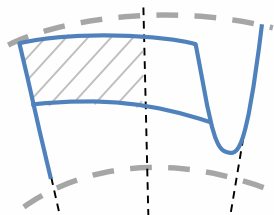
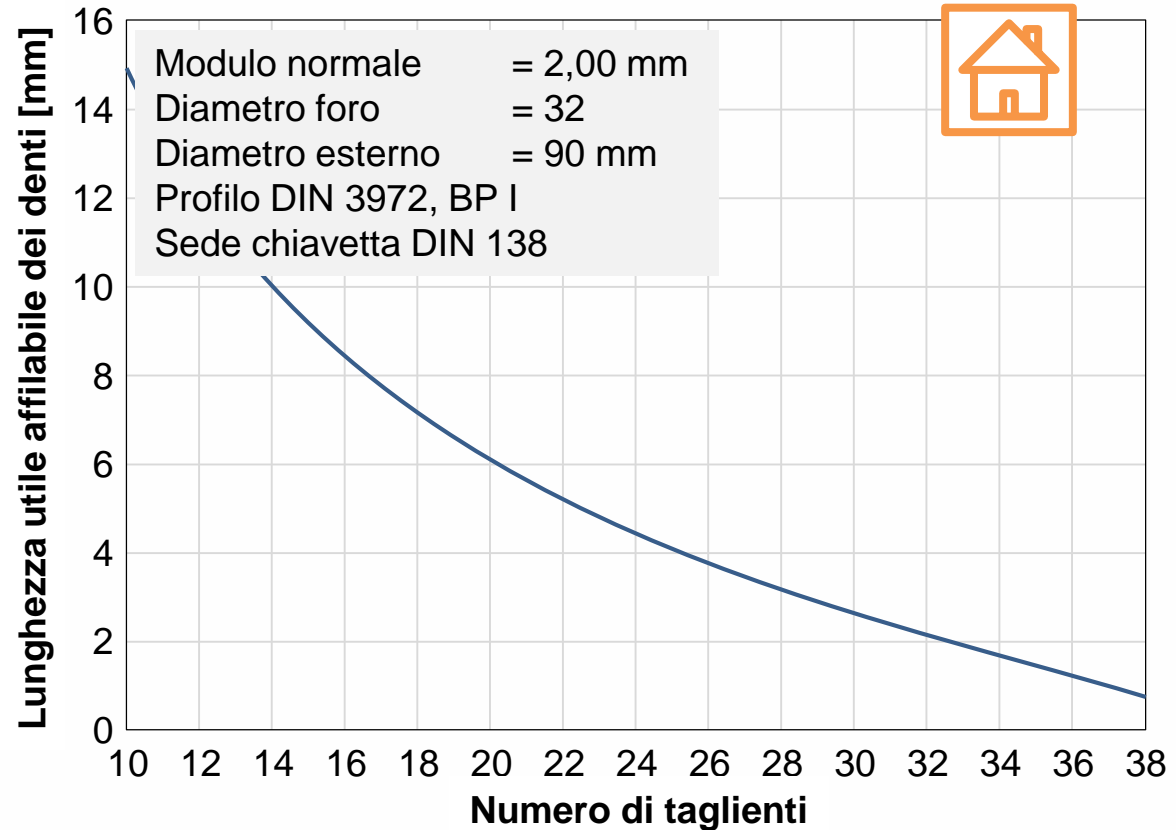
La dimensione del diametro esterno dei creatori con foro è determinata dal materiale presente tra il foro o la sede della chiavetta e il fondo dei taglienti del creatore stesso. Questa massa deve dare sufficiente stabilità per resistere alla forza di taglio. Fondamentalmente se il numero di taglienti è costante, si ha che maggiore è il diametro esterno e maggiore sarà la lunghezza utile affilabile del creatore. Il grafico mostra come la lunghezza utile affilabile dei denti del creatore dipende dal diametro esterno del creatore stesso.



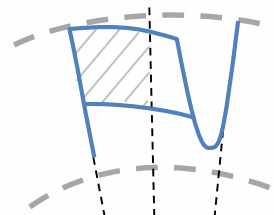
Numero di taglienti

La scelta del numero di taglienti dipende da diversi requisiti e principalmente dalle richieste del cliente in termini di ottimizzazione del processo.

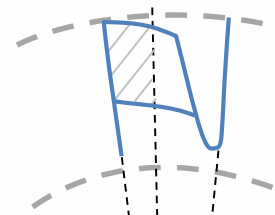
Un gran numero di taglienti incrementa la capacità di lavorare del creatore, diminuisce il tempo di lavoro, diminuisce l'usura e aumenta il numero di tagli involuppo che formano la curva evolvente. Lo svantaggio del grande numero di denti è che, con un diametro esterno costante, la lunghezza utile dei denti si riduce.



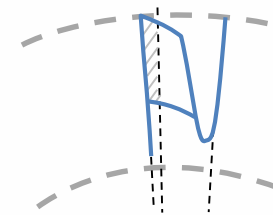
$n_i = 12$



$n_i = 20$



$n_i = 30$



$n_i = 36$

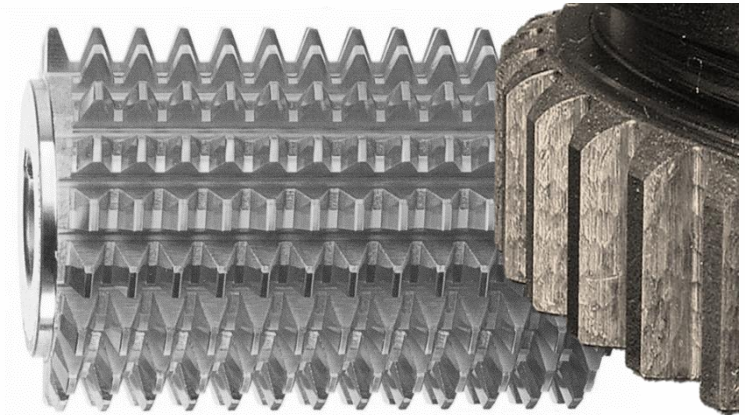
Numero di filetti

Il numero di filetti influenza il tempo di produzione e la qualità del pezzo lavorato.

Aumentando il numero di filetti, il numero di giri del pezzo aumentano, il che si traduce con una riduzione del tempo macchina, se l'avanzamento è costante. In questo caso è stato preso in considerazione l'aumento dello spessore del truciolo.

In rapporto ad un creatore a singolo principio con un numero costante di taglienti, all'aumentare del numero di filetti, il profilo è generato da meno tagli evolventi e quindi aumentano le deviazioni dei tagli evolvente.

Al fine di evitare che gli errori di passo del creatore vengano trasferiti al pezzo, è necessario assicurarsi che ogni dente del creatore lavori tutti i vani dente del pezzo, quando si determinano il numero di filetti e di taglienti del creatore stesso.

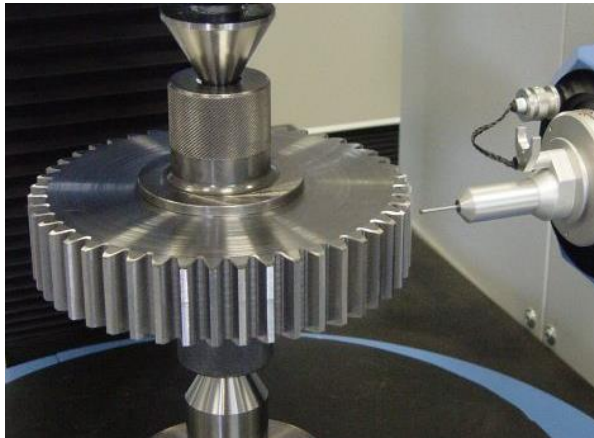


$$\frac{n_0}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_0}$$

n_0 : rpm creatore
 n_2 : rpm ruota
 Z_0 : numero di filetti
 Z_2 : Numero di denti
 n_i : Numero di taglienti

$$\frac{n_i \cdot Z_2}{Z_0} \neq \text{"Numero intero"}$$

Numero di filetti

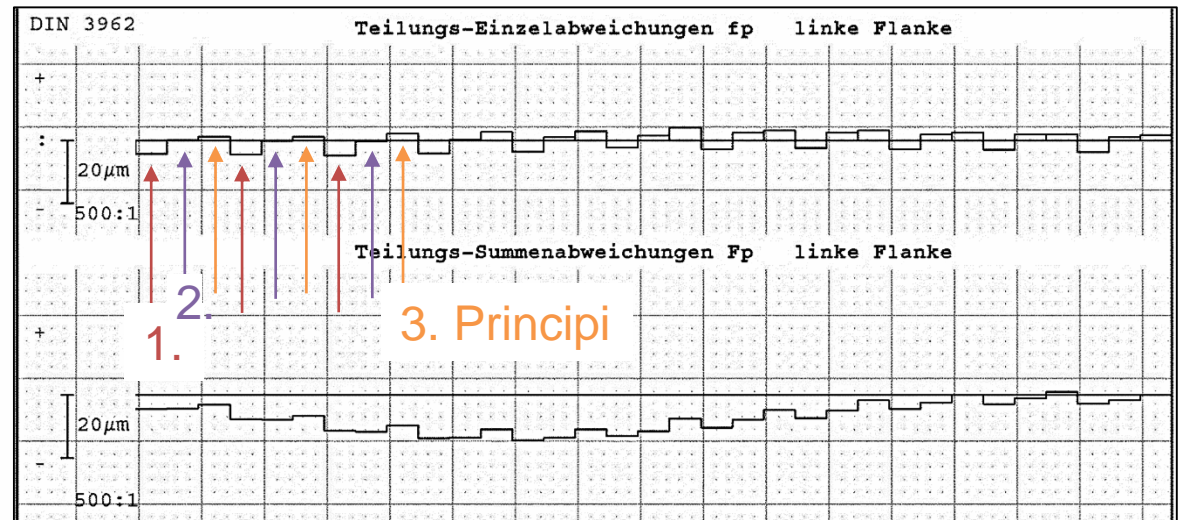
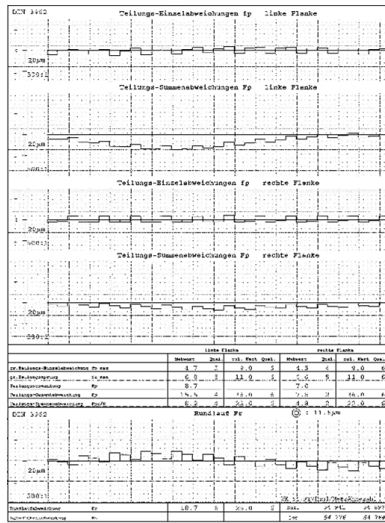


Combinazione

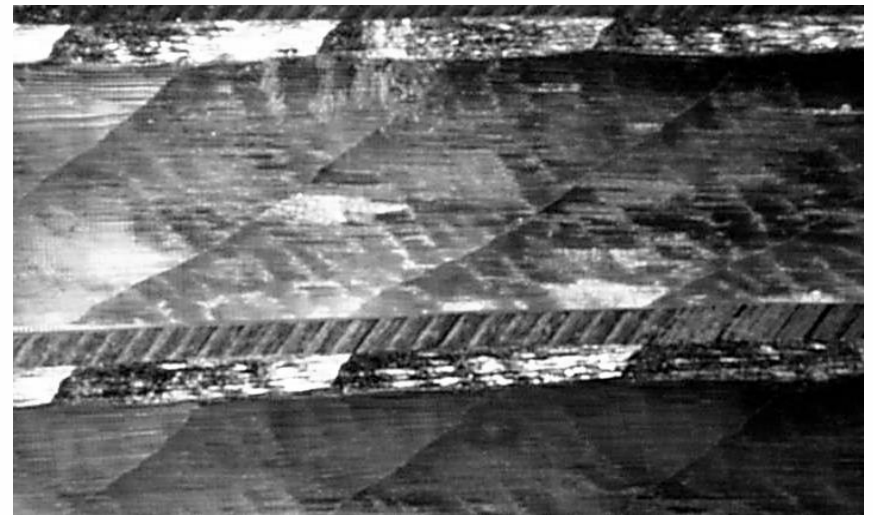
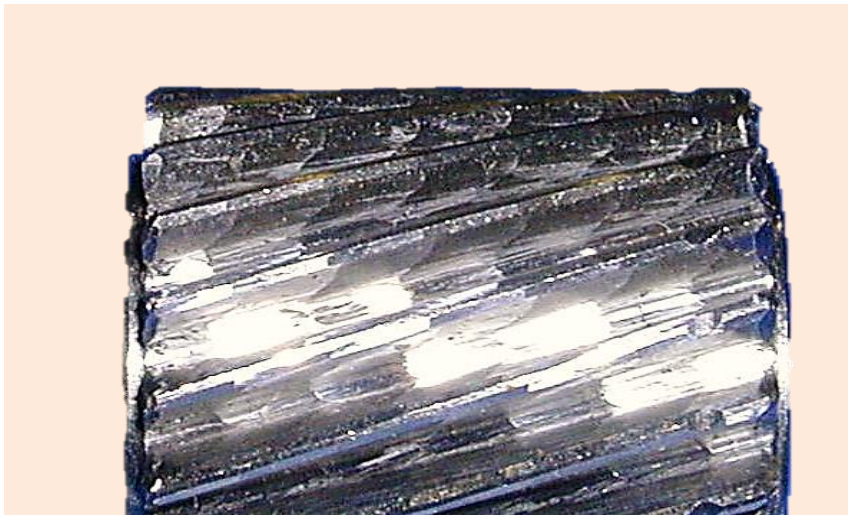
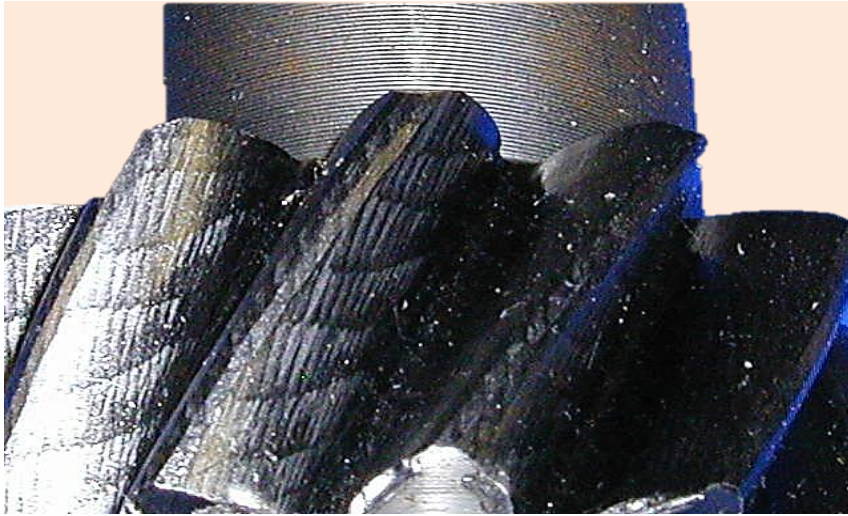
No denti della ruota $z_2 = 33$

Non accettabile

No principi del creatore $z_0 = 3$



Deviazioni legate alla produzione

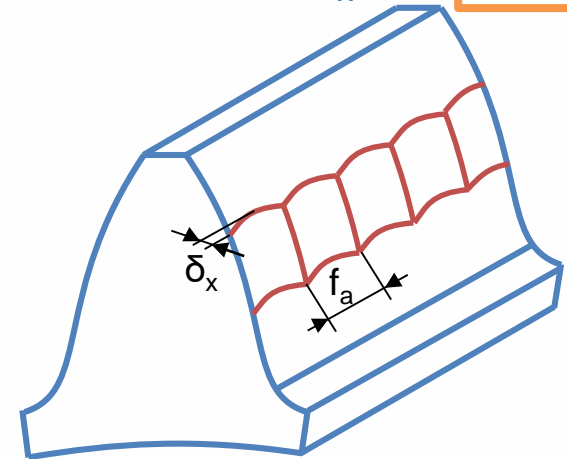
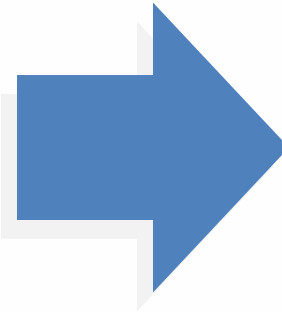
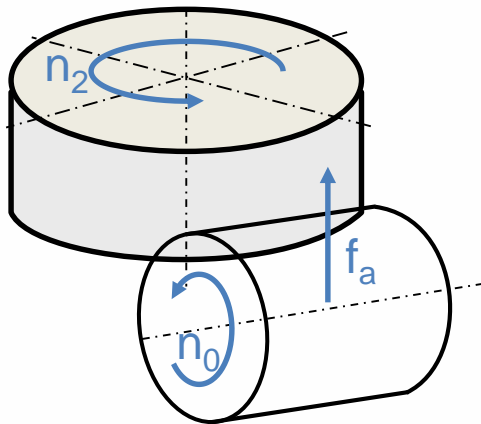


Segni dell'avanzamento

Deviazione dei segni di avanzamento δ_x



Dentatura



La qualità dell'ingranaggio dipende dall'accuratezza della macchina, dalla stabilità del bloccaggio e dalla qualità del creatore.

Fuori dalla cinematica del creatore si verificano deviazioni geometriche.

Queste deviazioni sono divise in segni di avanzamento δ_x e deviazioni del taglio a generazione δ_y .

$$\delta_x = \left(\frac{f_a}{\cos \beta_2} \right)^2 \cdot \frac{\sin \alpha_n}{4 \cdot d_{a0}}$$

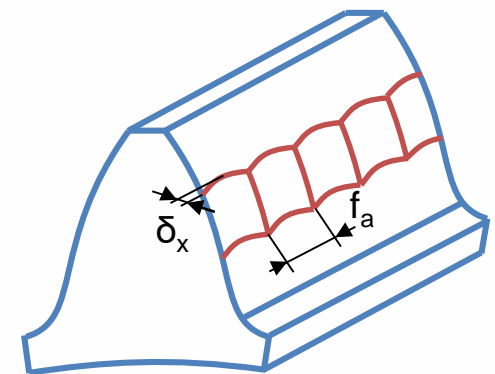
- Alto avanzamento assiale f_a comporta un alto δ_x
- Alto diametro utensile d_{a0} comporta un basso δ_x

Deviazione massima dei segni d'avanzamento

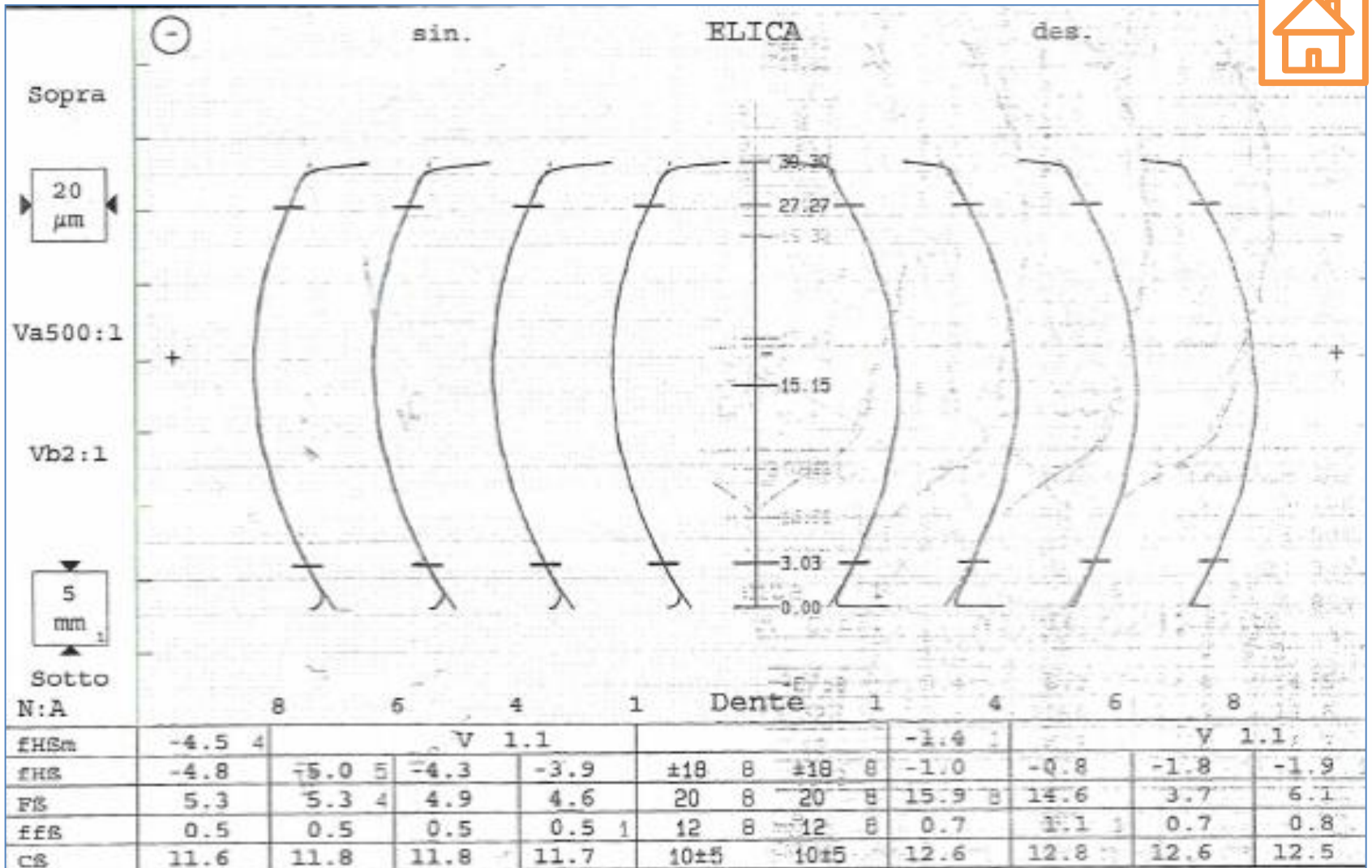


| Tipologia di processo | Dev. Segni di avanz. δ_x |
|--|--|
| Finitura di creatore | 0,5 μm - 1 μm (3 μm) |
| Dentatura pre-honing | 5 μm - 10 μm |
| Dentatura pre-rullatura | 5 μm - 10 μm |
| Dentatura pre-sbarbatura | $\leq 15 \mu\text{m}$ |
| Dentatura pre-rettifica di forma | $\leq 15 \mu\text{m}$ |
| Dentatura pre-rettifica di generazione | $\leq 15 \mu\text{m}$ |

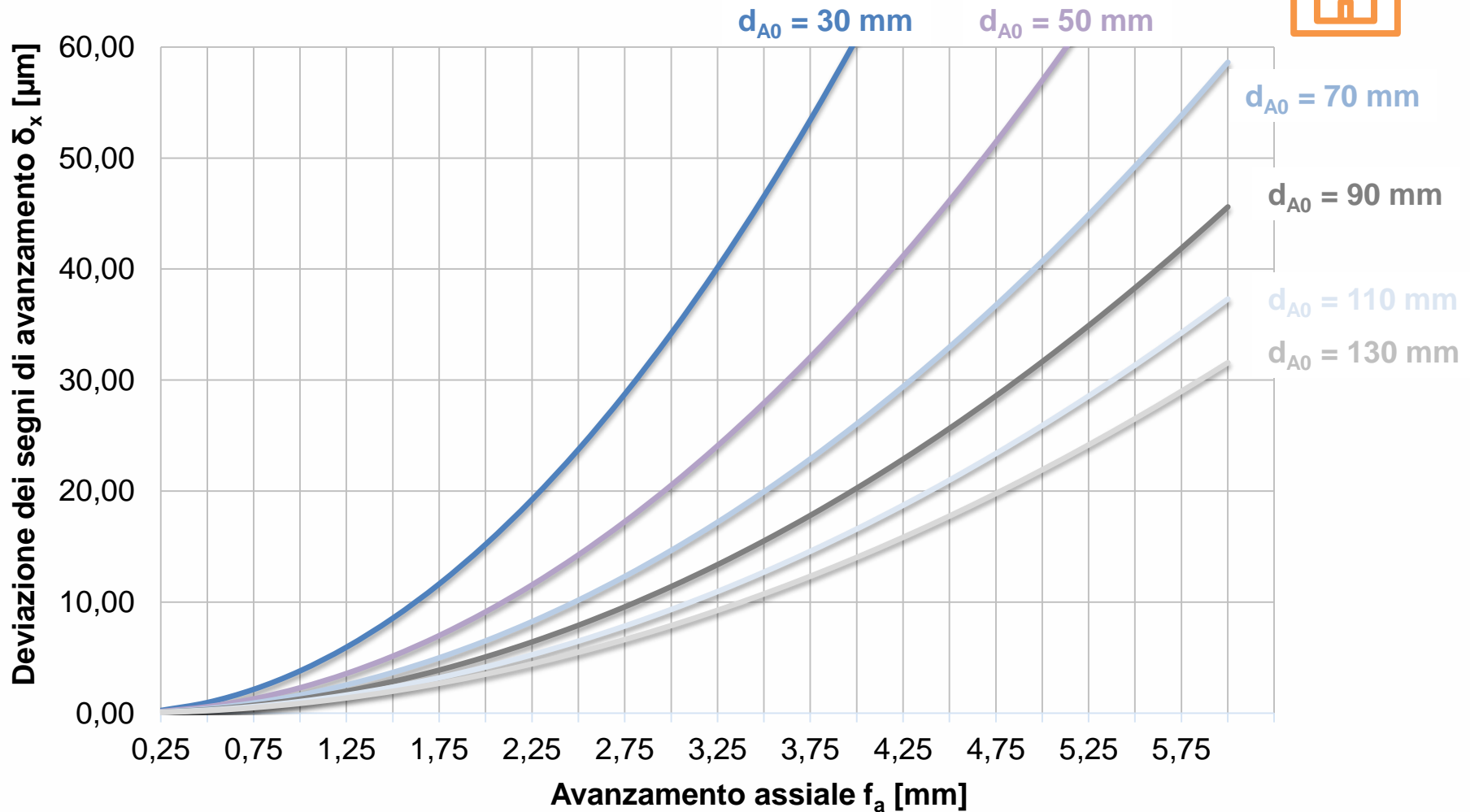
Nei successive processi di Produzione, come per esempio la rasatura, segni di avanzamento ampi sono desiderabili. E' necessario assicurarsi che ci siano sempre almeno due creste di alimentazione disponibili per fianco. In caso contrario, il rasatore può pendere da un lato, culminando in una scarsa qualità di rasatura.



Misurazione del profilo di una dentatura finita di creatore



Influenza delle deviazioni dei segni di avanzamento

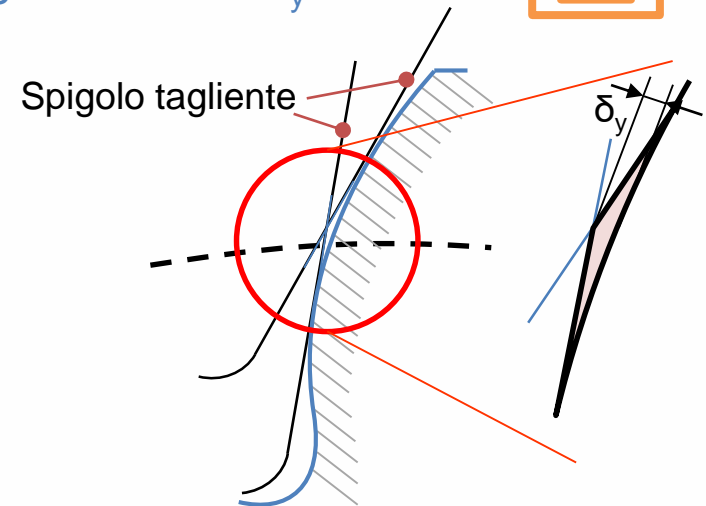
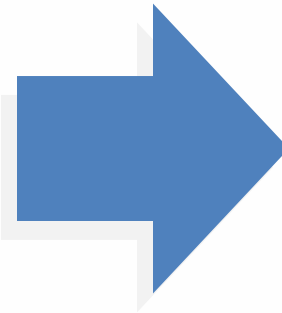
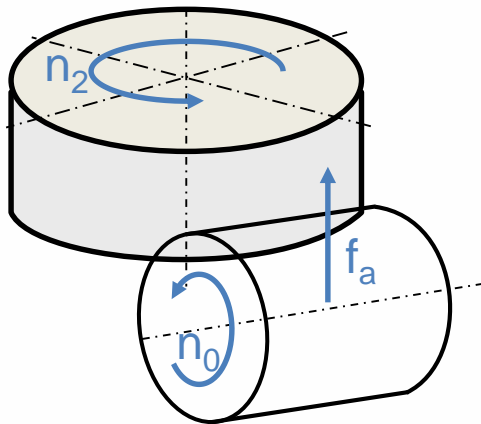


Deviazioni del taglio a generazione

Deviazioni del taglio a generazione δ_y



Dentatura



La qualità dell'ingranaggio dipende dall'accuratezza della macchina, dalla stabilità del bloccaggio e dalla qualità del creatore.

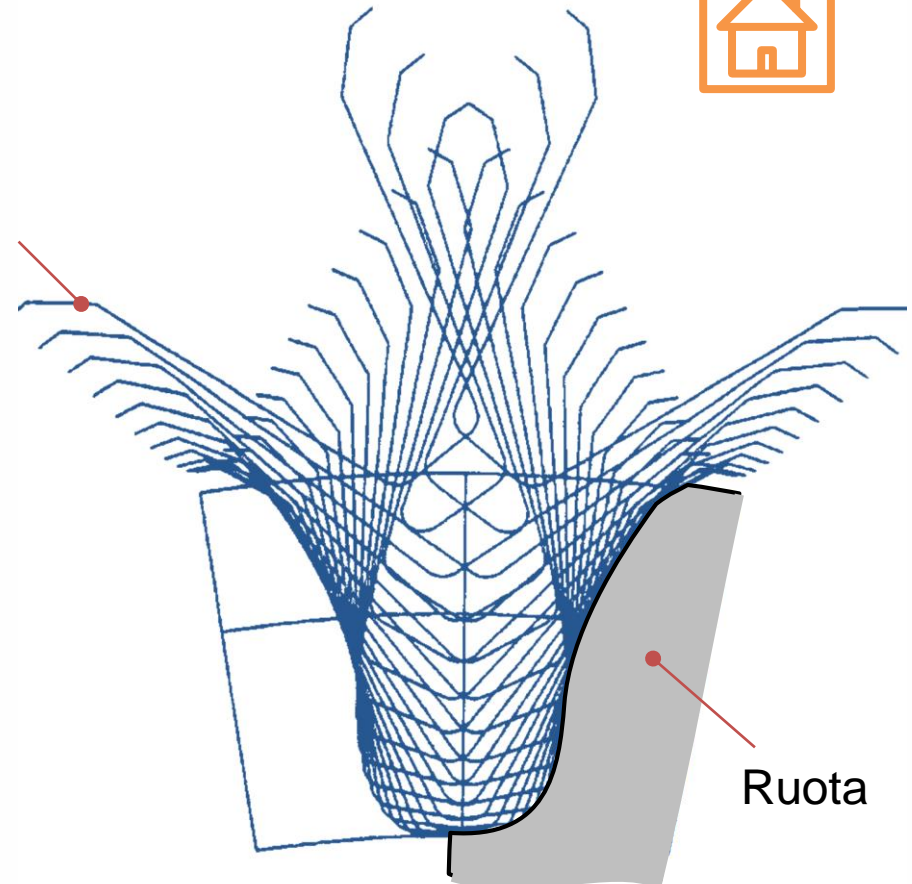
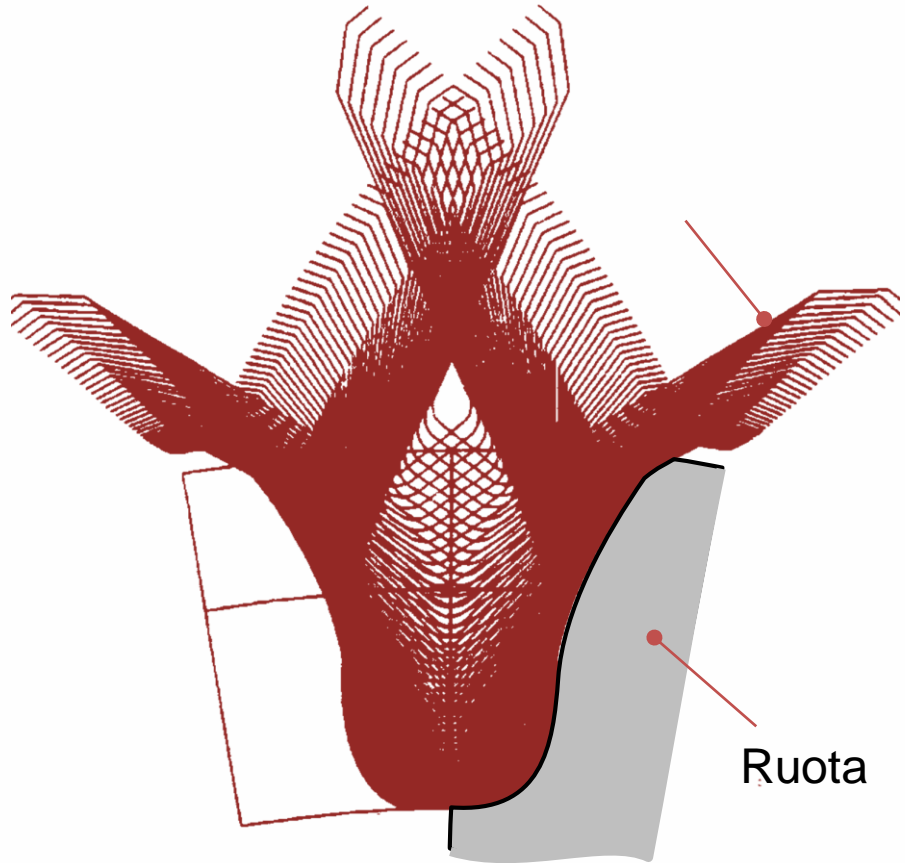
Fuori dalla cinematica del creatore si verificano deviazioni geometriche.

Queste deviazioni sono divise in segni di avanzamento δ_x e deviazioni del taglio a generazione δ_y .

$$\delta_y = \frac{\pi^2 \cdot z_0^2 \cdot m_n \cdot \sin \alpha_n}{4 \cdot z_2 \cdot i_0^2}$$

- Alto numero di taglienti comporta un basso δ_y
- Alto numero di filetti comporta un alto δ_y

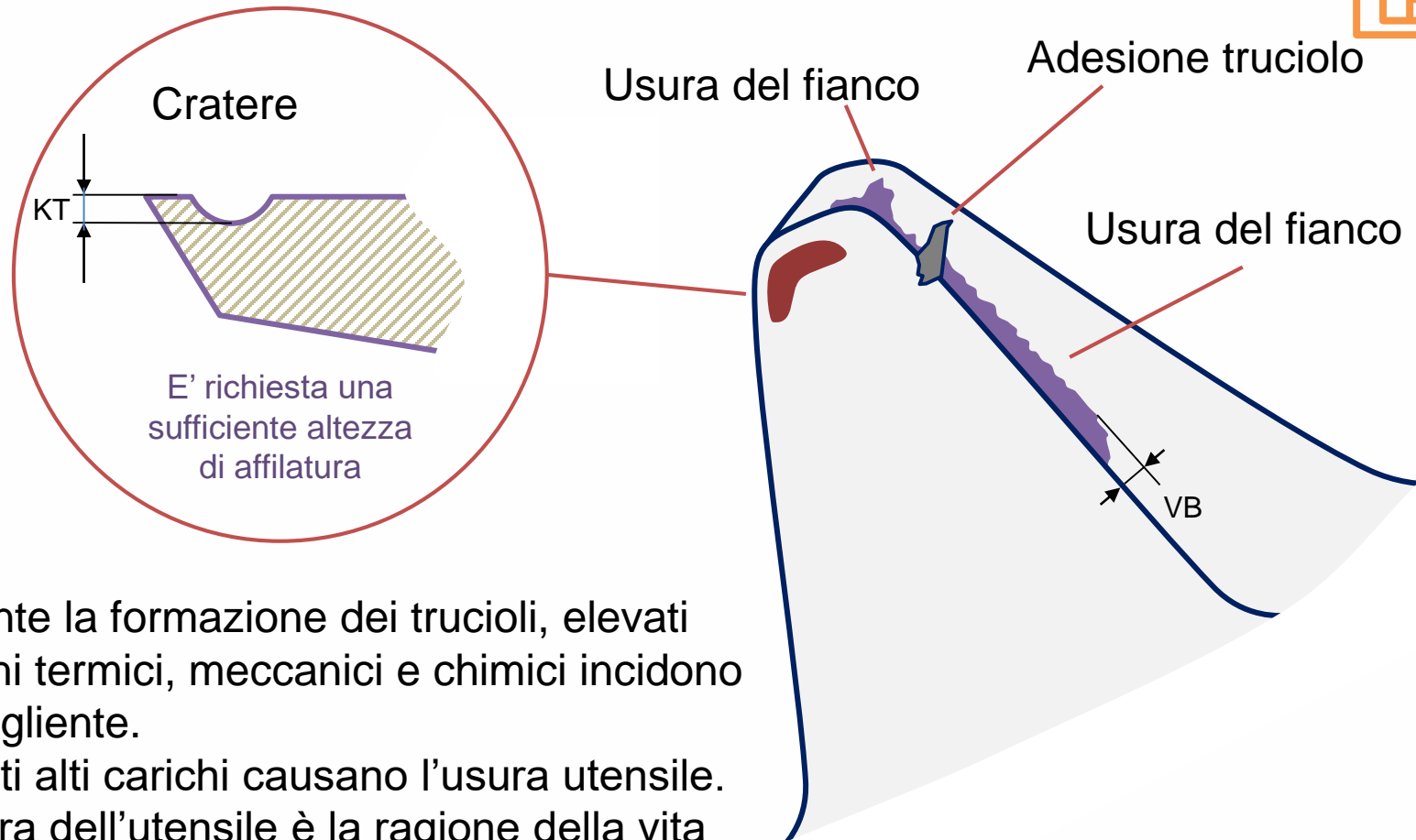
Generazione dell'evolvente



- 1 filetto e 24 taglienti
- Basso δ_y - migliore forma dell'evolvente

- 2 filetti e 12 taglienti
- Alto δ_y - peggiore forma dell'evolvente

Fenomeni di usura

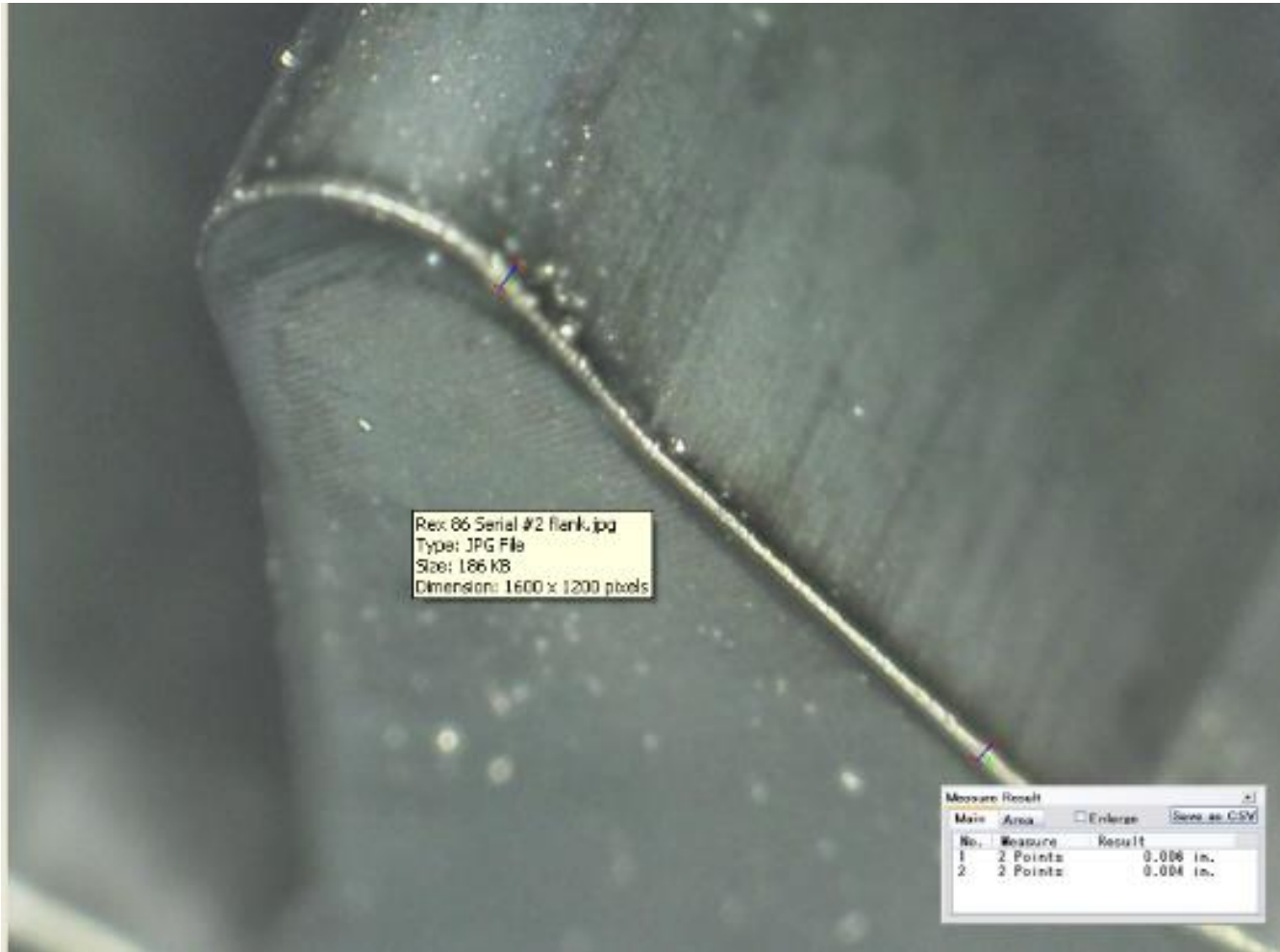


Durante la formazione dei trucioli, elevati carichi termici, meccanici e chimici incidono sul tagliente.

Questi alti carichi causano l'usura utensile. L'usura dell'utensile è la ragione della vita finita dell'utensile stesso.

Esempi di usura

Usura del fianco



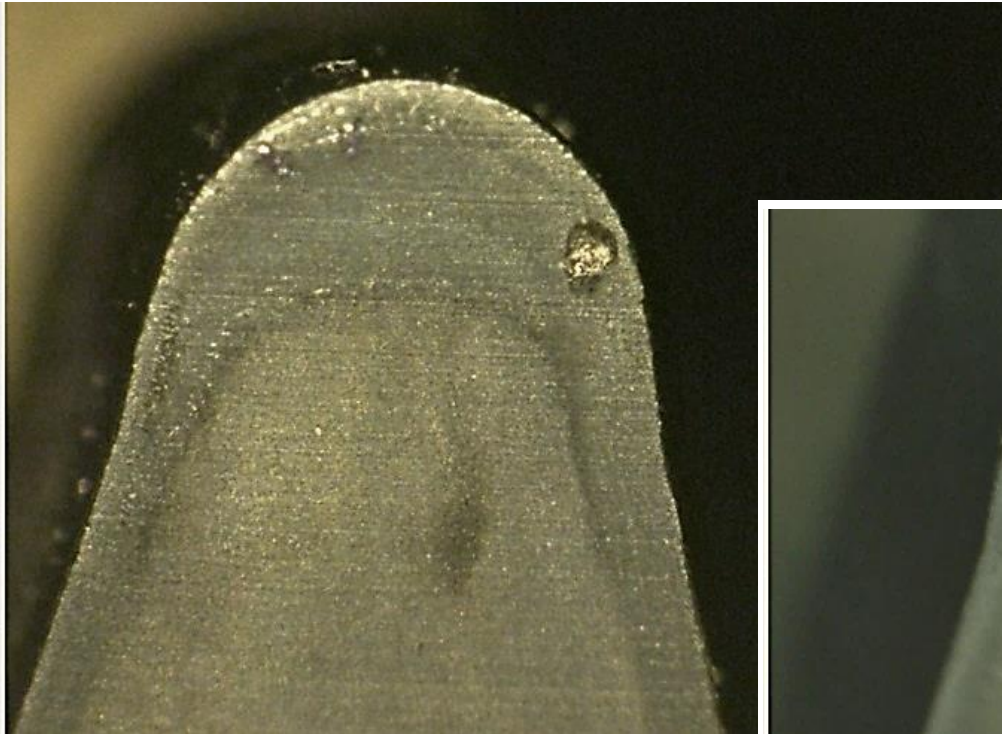
Esempi di usura

Crateri



Esempi di usura

Crateri



Esempi di usura

Rottura del cratere



Esempi di usura

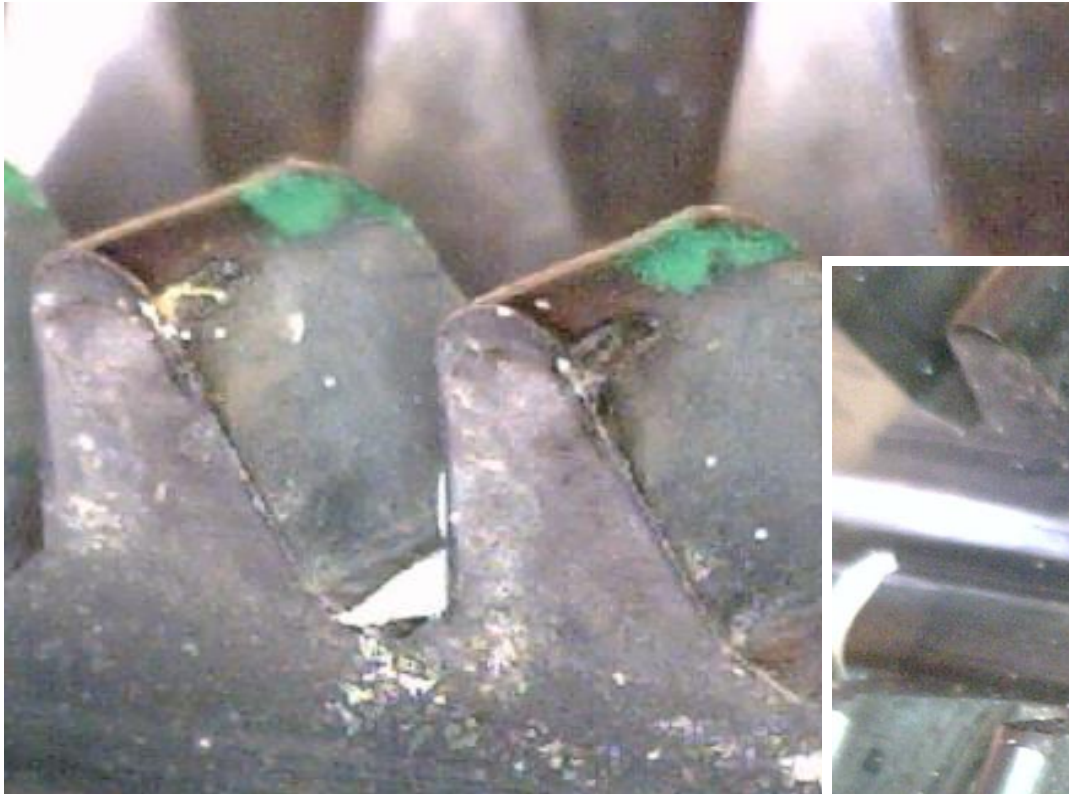
Adesione di trucioli



S564405 STAR HOB CHIP
PACKING RETC.jpg
Type: JPG File
Size: 150 KB
Dimension: 1600 x 1200 pixels

Esempi di usura

Alta usura dei fianchi



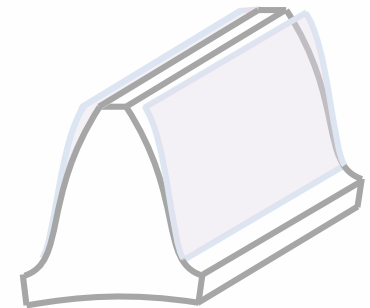
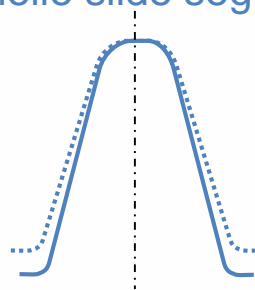
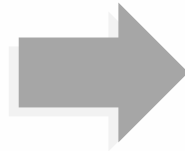
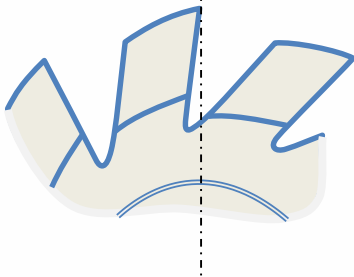
Errori di ri-affilatura (1/3)



L'usura del creatore deve essere eliminata dall'utensile tramite un'operazione di ri-affilatura. La qualità di ri-affilatura è particolarmente importante poiché la qualità del pezzo è influenzata in gran parte da questo processo.

Poiché gli spigoli taglienti si trovano sull'elica che genera il profilo dei denti del pezzo, questo deve corrispondere ai relative criteri di posizione e passo. Ogni errore di profilo e di posizione sulle facce causano distorsioni nella forma del profilo tagliente. Una rugosità di $Rz = 3 - 4 \mu m$ sulle facce deve essere l'obiettivo sia per garantire l'accuratezza del pezzo e la qualità delle superfici che anche per la vita utensile.

Tipici errori di ri-affilatura sono mostrati nelle slide seguenti.



Errore:
posizione positiva della faccia

Dente creatore:
L'attuale dente del creatore diventa più lungo

Dente ruota:
Diventa più spesso in testa

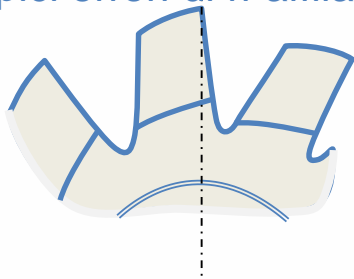
Errori di ri-affilatura (2/3)



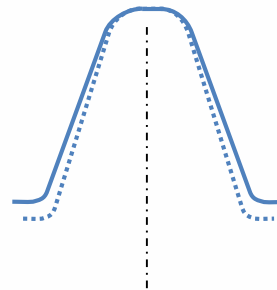
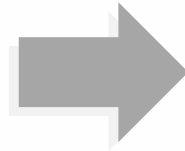
L'usura del creatore deve essere eliminata dall'utensile tramite un'operazione di ri-affilatura. La qualità di ri-affilatura è particolarmente importante poiché la qualità del pezzo è influenzata in gran parte da questo processo.

Poiché gli spigoli taglienti si trovano sull'elica che genera il profilo dei denti del pezzo, questo deve corrispondere ai relative criteri di posizione e passo. Ogni errore di profilo e di posizione sulle facce causano distorsioni nella forma del profilo tagliente. Una rugosità di $Rz = 3 - 4 \mu m$ sulle facce deve essere l'obiettivo sia per garantire l'accuratezza del pezzo e la qualità delle superfici che anche per la vita utensile.

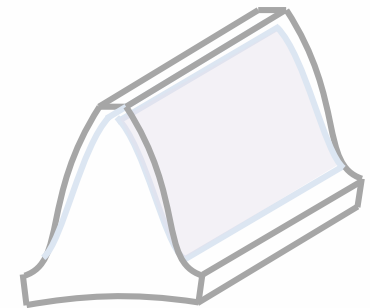
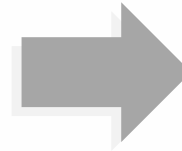
Tipici errori di ri-affilatura sono mostrati nelle slide seguenti.



Errore:
Posizione negativa della faccia



Dente creatore:
L'attuale dente del creatore diventa più corto



Dente ruota:
Diventa più sottile in testa

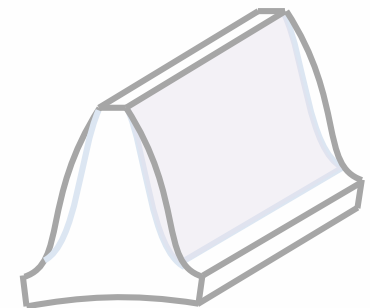
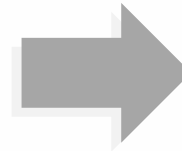
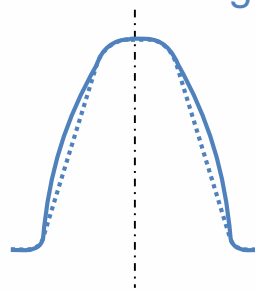
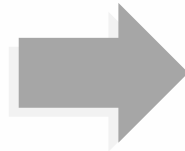
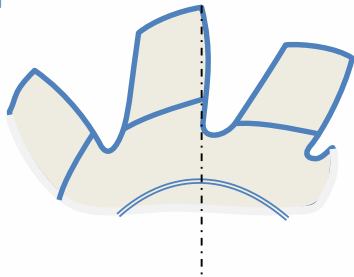
Errori di ri-affilatura (3/3)



L'usura del creatore deve essere eliminata dall'utensile tramite un'operazione di ri-affilatura. La qualità di ri-affilatura è particolarmente importante poiché la qualità del pezzo è influenzata in gran parte da questo processo.

Poiché gli spigoli taglienti si trovano sull'elica che genera il profilo dei denti del pezzo, questo deve corrispondere ai relative criteri di posizione e passo. Ogni errore di profilo e di posizione sulle facce causano distorsioni nella forma del profilo tagliente. Una rugosità di $Rz = 3 - 4 \mu m$ sulle facce deve essere l'obiettivo sia per garantire l'accuratezza del pezzo e la qualità delle superfici che anche per la vita utensile.

Tipici errori di ri-affilatura sono mostrati nelle slide seguenti.



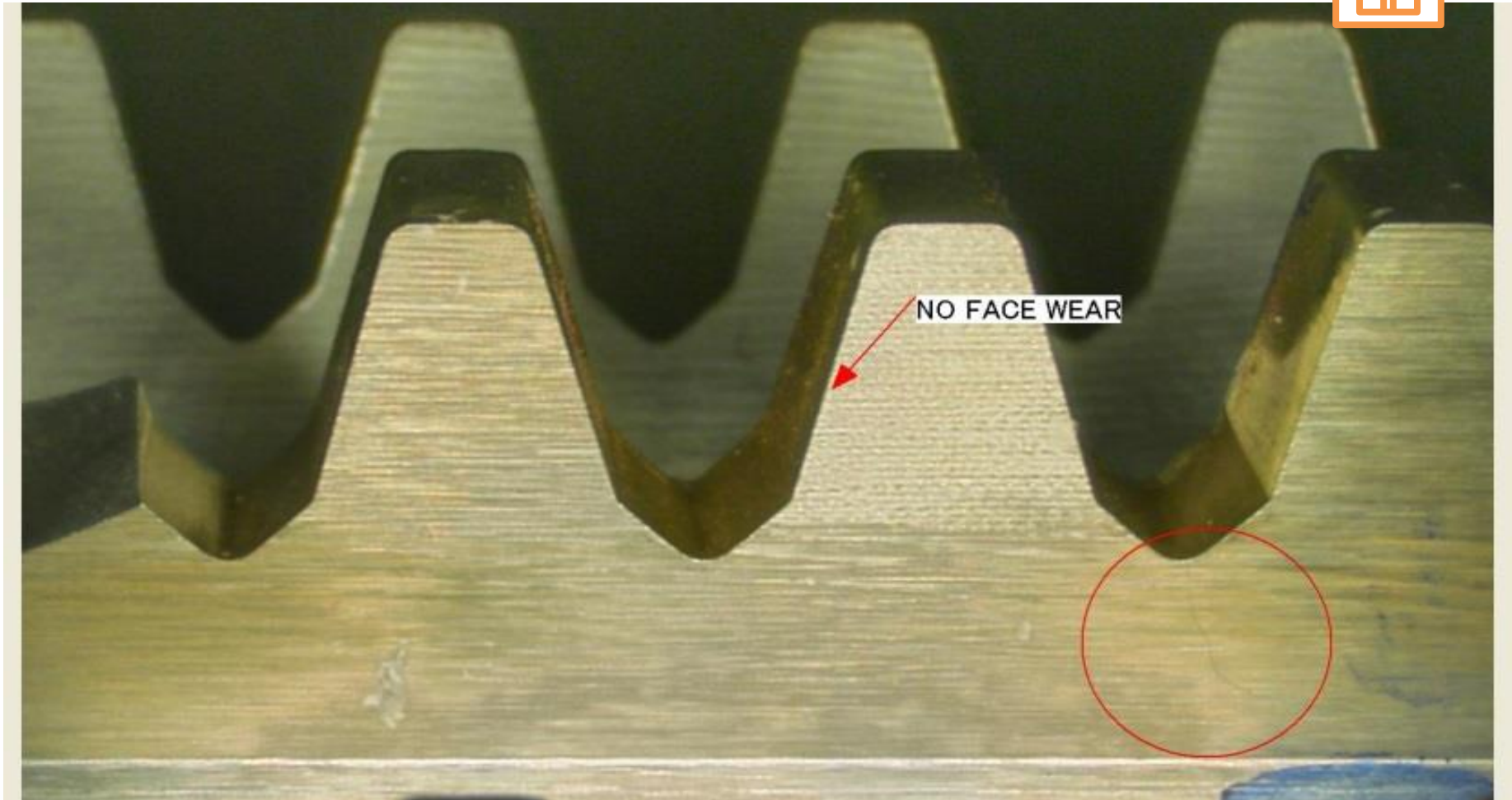
Errore:
Posizione della faccia bombata

Dente creatore:
Dente creatore
bombato

Dente ruota:
Dente ruota
concavo

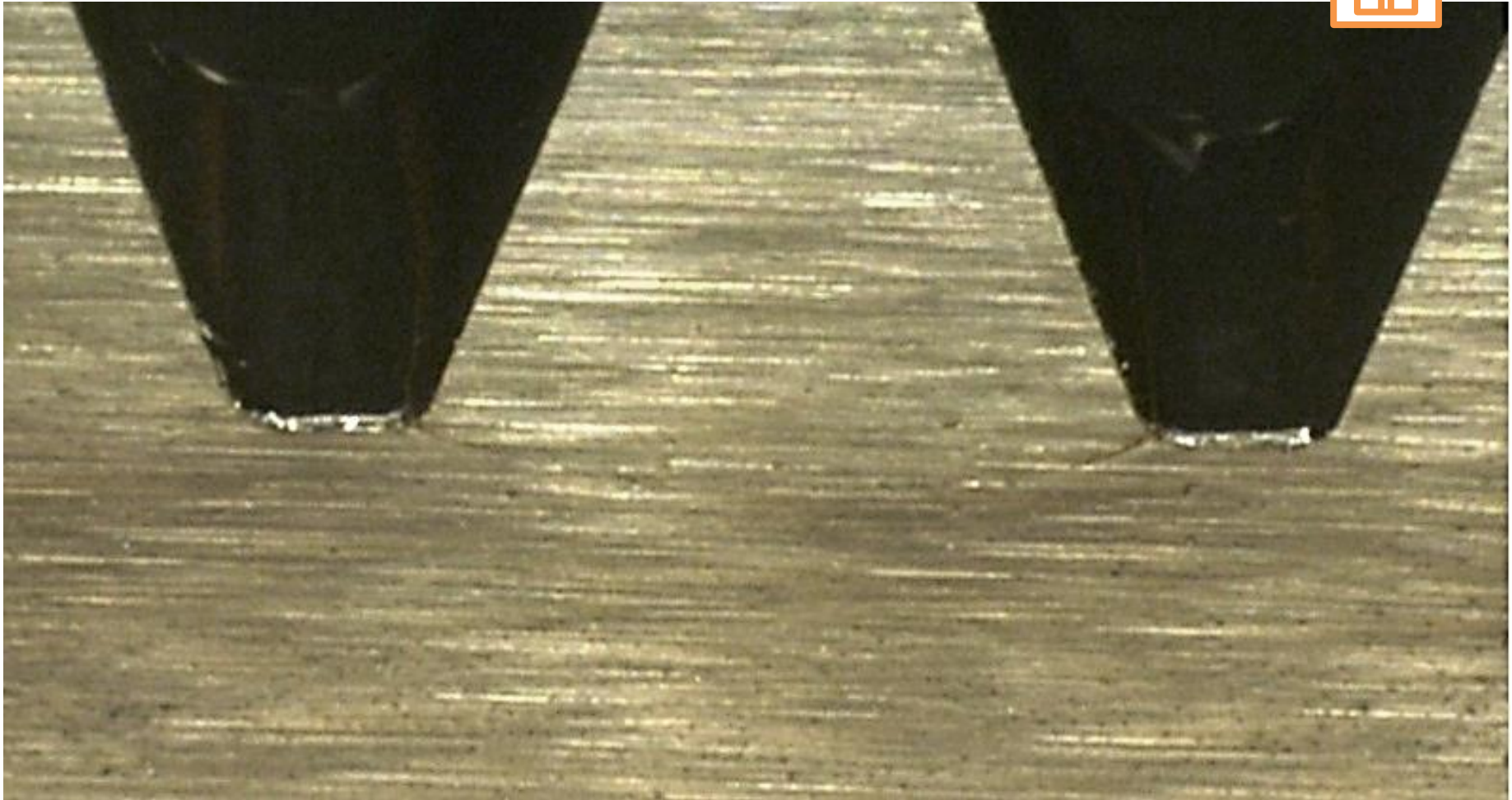
Esempi di usura

Cricche di rettifica



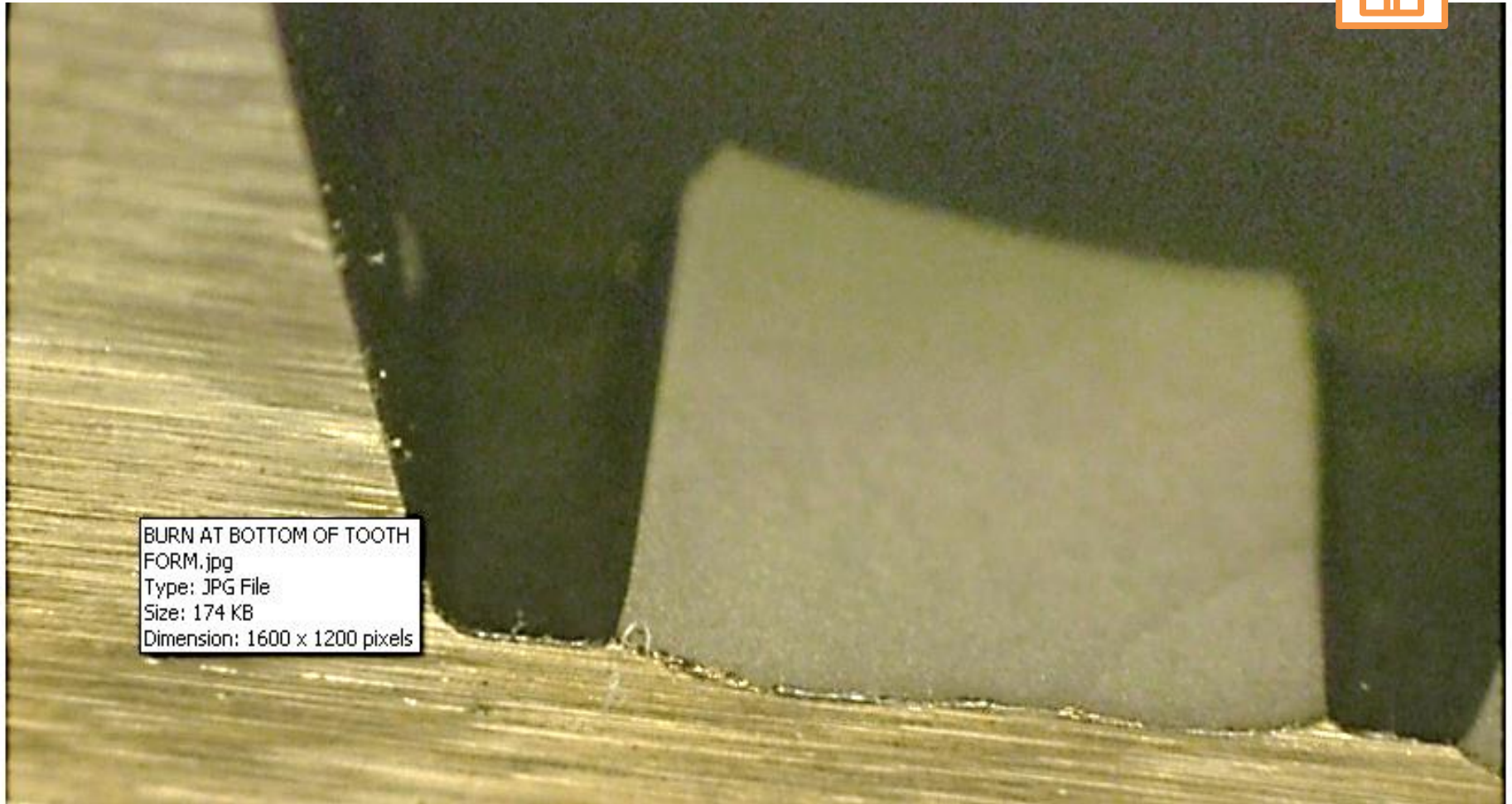
Esempi di usura

Cricche di rettifica



Esempi di usura

Cricche di rettifica



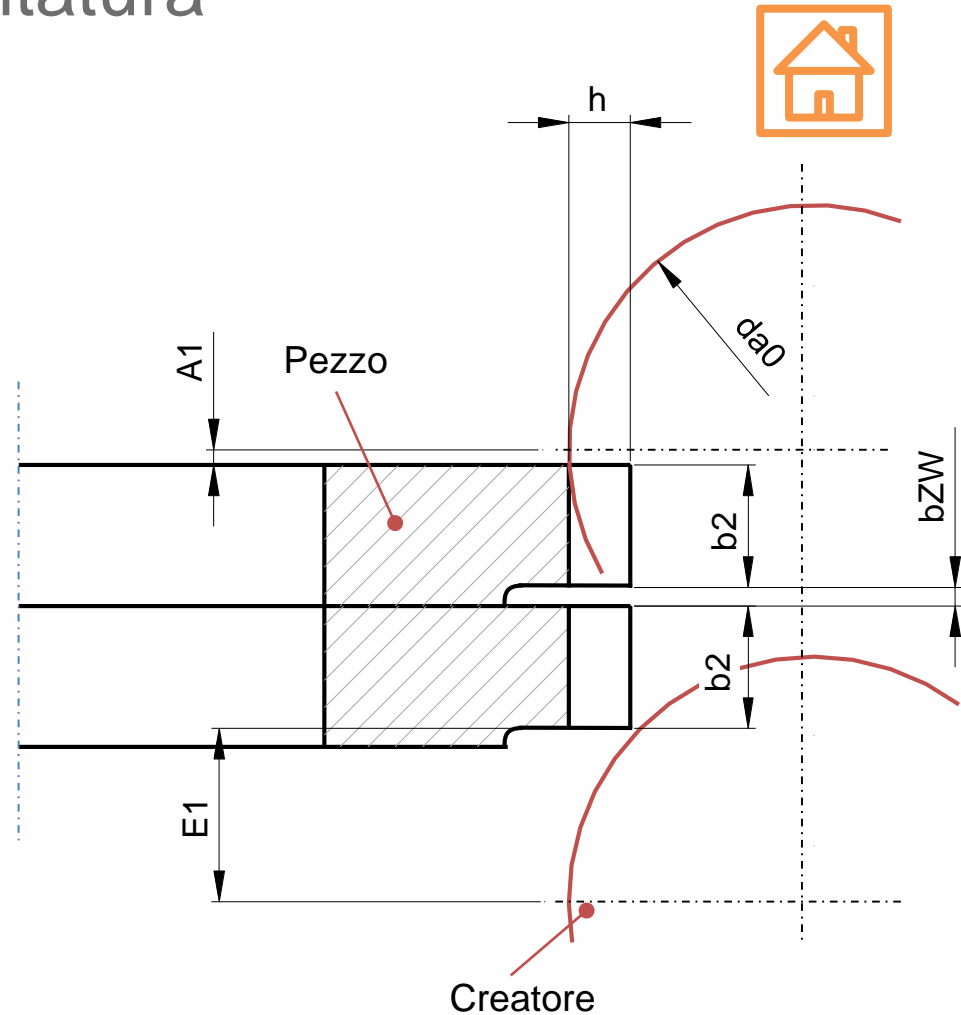
Calcolo del tempo di dentatura

Per calcolare il tempo ciclo, la corsa assiale dell'utensile è un valore importante.

Le corse di avvicinamento e di uscita in dentatura possono essere determinate con una curva di penetrazione.

Per un corretto calcolo, sono importanti i seguenti valori:

- $E1$: Corsa di avvicinamento
- $A1$: Corsa di uscita
- f_a : Avanzamento assiale
- v_c : Velocità di taglio
- b_2 : Lunghezza fascia (per tutti i pezzi)
- b_{ZW} : Distanza aggiuntiva
- z_0 : Numero di denti del creatore
- z_2 : Numero di denti della ruota



Calcolo del tempo di dentatura

$$v_c = \frac{d_{a0} \cdot \pi \cdot n_0}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

$$n_0 = \frac{v_c \cdot 1000}{d_{a0} \cdot \pi}$$

$$E_1 = \tan \eta \cdot \sqrt{h \cdot \left(\frac{d_{a0}}{\sin^2 \eta} + d_{a2} - h \right)}$$

$$A_1 = h_{a0} \cdot \cot \alpha_n \cdot \sin \eta$$



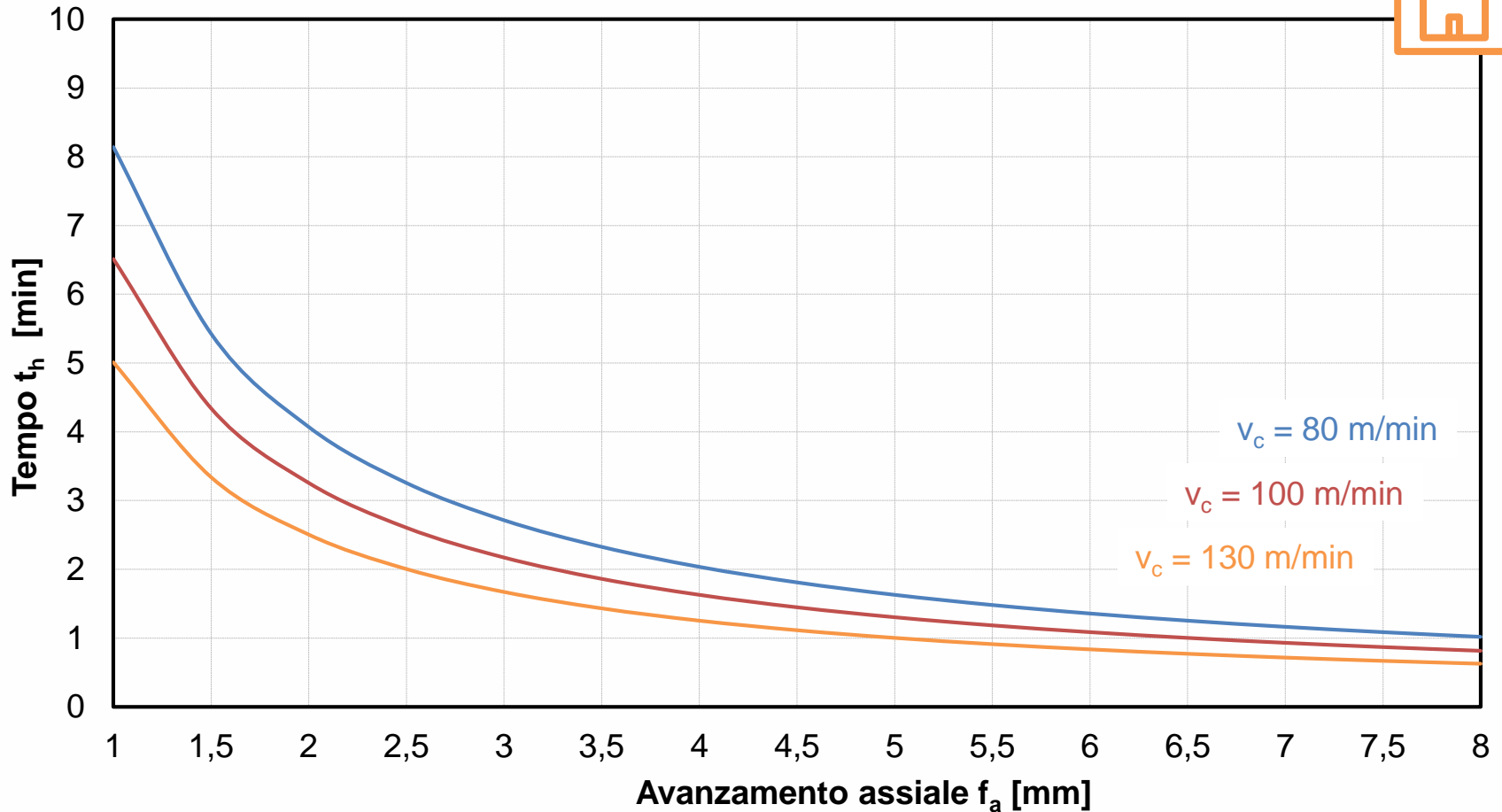
$$t_H = \frac{l_x}{v_x}$$

$$v_x = \frac{z_0 \cdot n_0 \cdot f_a}{z_2}$$

$$l_x = E_1 + (b_2 \cdot n_{Wst} + b_{zw}) + A_1$$

$$\text{Tempo dentatura: } t_H = \frac{(E_1 + (b_2 \cdot n_{Wst} + b_{zw}) + A_1) \cdot z_2 \cdot d_{a0} \cdot \pi}{z_0 \cdot f_a \cdot v_c \cdot 1000} \quad [\text{min}]$$

Influenza del tempo di dentatura



Calcolo Samputensili del ciclo

Hobbing Calculator

| Customer | Part Number | Date |
|----------------|-------------|------------|
| GearCompany 38 | 123ABC | 11/07/2017 |
| Comment | | |

| Hob Data | | Gear Data | |
|------------------|------------|------------------|----------|
| Tool No | CR1G054254 | Tensile Strength | 600 Mpa |
| Cutting Material | S390 | Number of Teeth | 35 |
| Coating | AlCr(N) | Helix Angle | 23,1 ° |
| Module | 2 mm | Helix Direction | right |
| Pressure Angle | 20 ° | Tip Diameter | 126,5 mm |
| Outside Diameter | 80 mm | Root Diameter | 113,2 mm |
| Toothed Length | 140 mm | Addendum Mod. | 0 |
| No of Gashes | 12 | Face Width | 20,2 mm |
| No of Starts | 2 | | |
| Lead Direction | right | | |
| Spiral Gashes | No | | |
| Addendum | 1,35 | | |
| Lead Angle | 3,074 ° | | |
| Tool Life | 5 m/tooth | | |
| Amount resharpen | 0,3 mm | | |



Hobbing Calculation

| Customer | Part Number | Date |
|----------------|-------------|------------|
| GearCompany 38 | 123ABC | 11/07/2017 |

| Comment | | | |
|------------------|------------|------------------|----------|
| Hob | | Part | |
| Tool No | CR1G054254 | Tensile Strength | 600 Mpa |
| Cutting Material | S390 | Number of Teeth | 35 |
| Coating | AlCr(N) | Helix Angle | 23,1 ° |
| Module | 2 mm | Helix Direction | right |
| Pressure Angle | 20 ° | Tip Diameter | 126,5 mm |
| Outside Diameter | 80 mm | Root Diameter | 113,2 mm |
| Toothed Length | 140 mm | Addendum Mod. | 0 |
| No of Gashes | 12 | Face Width | 20,2 mm |
| No of Starts | 2 | | |
| Lead Direction | right | | |
| Spiral Gashes | No | | |
| Addendum | 1,35 | | |
| Lead Angle | 3,074 ° | | |
| Tool Life | 5 m/teeth | | |
| Amount resharpen | 0,3 mm | | |

| Process Parameters | |
|---------------------|---------------|
| 1. Cut | |
| Cutting Speed | 140 m/min |
| Axial Feed | 2 mm |
| Direction | climb cutting |
| Approach | axial |
| 2. Cut | |
| Cutting Speed | m/min |
| Axial Feed | mm |
| Direction | climb cutting |
| Cutting Depth | mm |
| Quick Check | |
| max. Chip thickness | 221,02 µm |
| max. Cutting Force | 1886,98 N |
| Cycle Time | 45,656 sec |
| Resharpenings | 20 |
| Parts per Resharpen | 1218 |
| Parts per Hob | 25578 |
| Feed marks | 5,053 µm |

| Process | |
|---------------------|---------------|
| Parameters | |
| Cutting Speed | 140 m/min |
| Axial Feed | 2 mm |
| Direction | climb cutting |
| max. Chip thickness | 221,02 µm |
| Approach | axial |
| Cutting Time | 45,66 Sec |
| Feed Marks | |
| Feed marks | 5,05 µm |
| max. Cutting Force | 1886,98 N |
| Resharpenings | 20 |
| Parts per Resharpen | 1218 |
| Parts per Hob | 25578 |

Calcolo di:

- Tempo ciclo
- Max. spessore truciolo
- Vita utensile
- Forze di taglio

Dati richiesti per l'ordine di un creatore (1/2)

Creatore per sgrossatura o per finitura

Dimensioni

- Diametro esterno {min. Ø 40 - max. Ø 305}
- Lunghezza totale
- Lunghezza parte dentata
- Diametro del foro {min. Ø 16} o dettagli precisi del tipo di montaggio
- Tipo di chiavetta
- Numero di filetti / verso
- Numero di taglienti
- Con o senza cono



Profilo

Se non si è in grado di determinare il profilo secondo una normativa non si è sicuri, si chiede di inviare il disegno del pezzo

Normative del profilo della cremagliera

- Creatori per ingranaggi ad evolvente seguono le norme DIN 867, DIN 3972, DIN 58400 etc.
 - Modulo {min. 0,75 - max. 32}
 - Angolo di pressione
- Creatori per alberi scanalati con fianchi ad evolvente per DIN 5480, DIN 5482 etc.
 - Modulo {min. 0,75 - max. 32}
 - Angolo di pressione
- Creatori per profili DIN 5481 etc.
 - Diametro nominale di calettamento
- Creatori per pignoni catena a rullo DIN 8197 etc.
 - Passo
 - Diametro rullo

Dati richiesti per l'ordine di un creatore (2/2)



- Creatori per alberi a profili scanalati DIN 5462, DIN 5463, DIN 5464, DIN 5471, DIN 5472, DIN 9611 etc.
 - Diametri esterno ed interno *
 - Lunghezza del tratto scanalato *
 - Numero di scanalature *
 - E' importante indicare se una fascia può essere dentata a creatore e con quale diametro.
- Eventuali correzioni di profilo richieste
 - Semitopping
 - Angolo di Semitopping e profondità del semitopping sul pezzo finito
 - Protuberanza
 - Entità della protuberanza, angolo e profondità
 - Tip relief
 - Angolo di pressione e profondità del tip relief
 - Topping
 - Profondità dente
 - Lugs
- Per la sgrossatura indicare le dimensioni della tolleranza di lavorazione per fianco dente

Classi di qualità secondo DIN 3968 AA, A, B, C, D (indicare le eventuali restrizioni)

Materiale del creatore o indicare materiale dell'ingranaggio e livello di durezza

Tipo di coating (TiN, TiCN, TiAlN or similari)

Numero di pezzi

Abbreviazioni e simboli

| | |
|------------|---|
| A_1 | corsa uscita assiale |
| d_{a0} | diametro di testa del creatore |
| d_{a2} | diametro di testa del pezzo |
| d_{b0} | diametro di base del creatore |
| d_{b2} | diametro di base del pezzo |
| b_2 | larghezza di fascia del pezzo |
| b_{zw} | lunghezza totale dello spazio tra le dentature |
| E_1 | corsa avvicinamento assiale |
| f_a | avanzamento assiale |
| h_{aP0} | Addendum del profilo della cremagliera |
| h_p | Profondità del profilo = profondità di taglio |
| h_{P0} | Addendum |
| h_{NfP0} | dedendum utilizzabile del profilo cremagliera creat. |
| h_{prP0} | profondità della protuberanza del profilo cremagliera |
| h_{FfP0} | dedendum utilizzabile del profilo delle cremagliera |
| h | Profondità di taglio |
| h_{1max} | max spessore truciolo |
| i_0 | Numero di taglienti |
| L_v | Lung. della porzione creat. utilizzata per shifting |
| L_{AV} | Lung. area lavoro creat. nella zona di sgrossatura |
| L_{AA} | Lung. area lavoro creat. nel lato uscita |
| L_{AE} | Lung. area lavoro creatore sul lato avvicinamento |
| L_{AZ} | Lunghezza della zona di sgrossatura |
| L_s | Lunghezza shifting |
| L_n | Lunghezza utile creatore |
| L_{P0} | Lunghezza dell'area di formazione del profilo |
| L_{A0} | Lunghezza dell'area di lavoro |
| l_{verz} | Lunghezza dentata del creatore |
| m_n | modulo normale |
| n_0 | Numero di rotazioni del creatore |
| n_{Wst} | Numero di utensili per lotto |

| | |
|------------------|--|
| p_{rP0} | Protuberanza |
| s_{P0} | Spessore dente ($\pi/2 \cdot m_n$) |
| t_H | tempo dentatura |
| v_c | velocità di taglio |
| VB | Lunghezza del tratto usurato |
| x_P | correzione Addendum |
| z_0 | Numero di filetti |
| z_2 | Numero di denti del pezzo |
| α_n | angolo di pressione normale |
| α_{prP0} | angolo di protuberanza |
| α_{KP0} | Ang. di pressione dei fianchi del semi-topping |
| β_2 | Angolo elica del pezzo |
| γ_0 | Angolo elica creatore |
| σ_x | profondità dei segni di avanzamento |
| σ_x | entità della deviazione del taglio evolvente |
| ϵ_{aP0} | Raggio di arrotondamento della testa |
| ϵ_{fP0} | Raggio di arrotondamento di fondo |
| η | Angolo di rotazione del creatore |



Panoramica Norme DIN



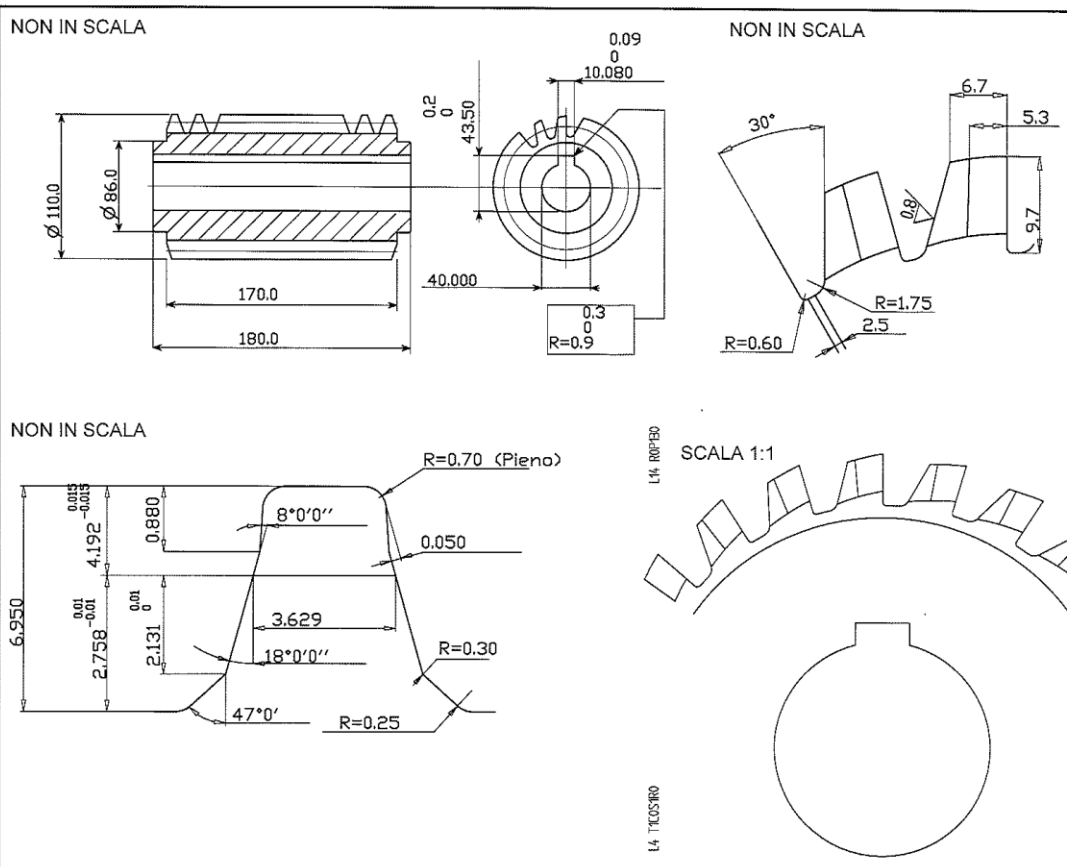
| | |
|-----------------|---|
| DIN 867 | Basic rack tooth profiles for involute teeth of cylindrical gears for general engineering and heavy engineering |
| DIN 1825 | disc-gear cutters for spur gears |
| DIN 1826 | extended hub gear cutters for spur gears |
| DIN 1828 | shank-gear cutters for spur gears |
| DIN 1829 | Pinion-type cutters for cylindrical gears; Part 1 – Part 2 |
| VDI 3333 | Hobbing of spur gears with involute profile |
| DIN 3960 | Definitions, parameters and equations for involute cylindrical gears and gear pairs |
| DIN 3962 | Tolerances for Cylindrical Gear Teeth; Part 1 – Part 3 |
| DIN 3966 | Information on Gear Teeth in Drawings; Part 1 – Part 3 |
| DIN 3972 | Reference Profiles of Gear-cutting Tools |
| DIN 3975 | Terms and definitions for cylindrical worm gears with shaft angle 90° |
| DIN 3998 | Denominations on Gears and Gear Pairs |
| DIN 5463 | Straight-sided Splines |
| DIN 5464 | Straight-sided Splines |
| DIN 5471 | Spline Shafts and Spline Bore Profiles with 4 Splines, Internal Centering, Dimensions |
| DIN 5472 | Spline Shafts and Spline Bore Profiles with 6 Splines, Internal Centering, Dimensions |
| DIN 5480 | External splines with involute flanks Part 1 – Part 16 |
| DIN 5481 | Internal and external serrated shafts, Profile Sheet 1, sheet 5 |
| DIN 5482 | Profiles of internal splines and shafts with involute flanks, Dimensions Sheet 1, Sheet 3 |
| DIN 7721 | Synchronising belt drives, metric pitch Part 1 – Part 2 |

Disegno creatore CR1

| DATI CREATORE | |
|----------------------|----------|
| Modulo normale | 2.31 |
| Angolo di pressione | 18° |
| Numero filetti | 3 |
| Inclinazione filetti | 3°54'38" |
| Senso incl.filetti | Destra |
| Passo assiale | 21.822 |
| Numero taglienti | 22 |
| Affilatura diritta | |
| Camma | 2.75 |
| Passo normale | 7.257 |


| DATI INGRANAGGIO | |
|-------------------------|-----------|
| N° dis.ingr. | 504378732 |
| Modulo normale..... | 2.31 |
| Angolo pressione norm. | 18° |
| Numero dei denti..... | 36 |
| Elica sul primitivo... | 0° |
| Diametro di testa..... | 90.05 |
| Diametro di piede..... | 76.15 |
| Spess.normale: dent. | 4.075 |
| ----- finit. | 3.865 |
| Diamet.smusso: finit. | 89.6 |
| Quota su 2 rulli dent. | 91.657 |
| ----- finit. | 91.175 |
| Diametro dei rulli.... | 4.5 |
| Sovrametallo per fianco | 0.1 |
| Diam. attivo richiesto | 79.289 |

Quote in mm

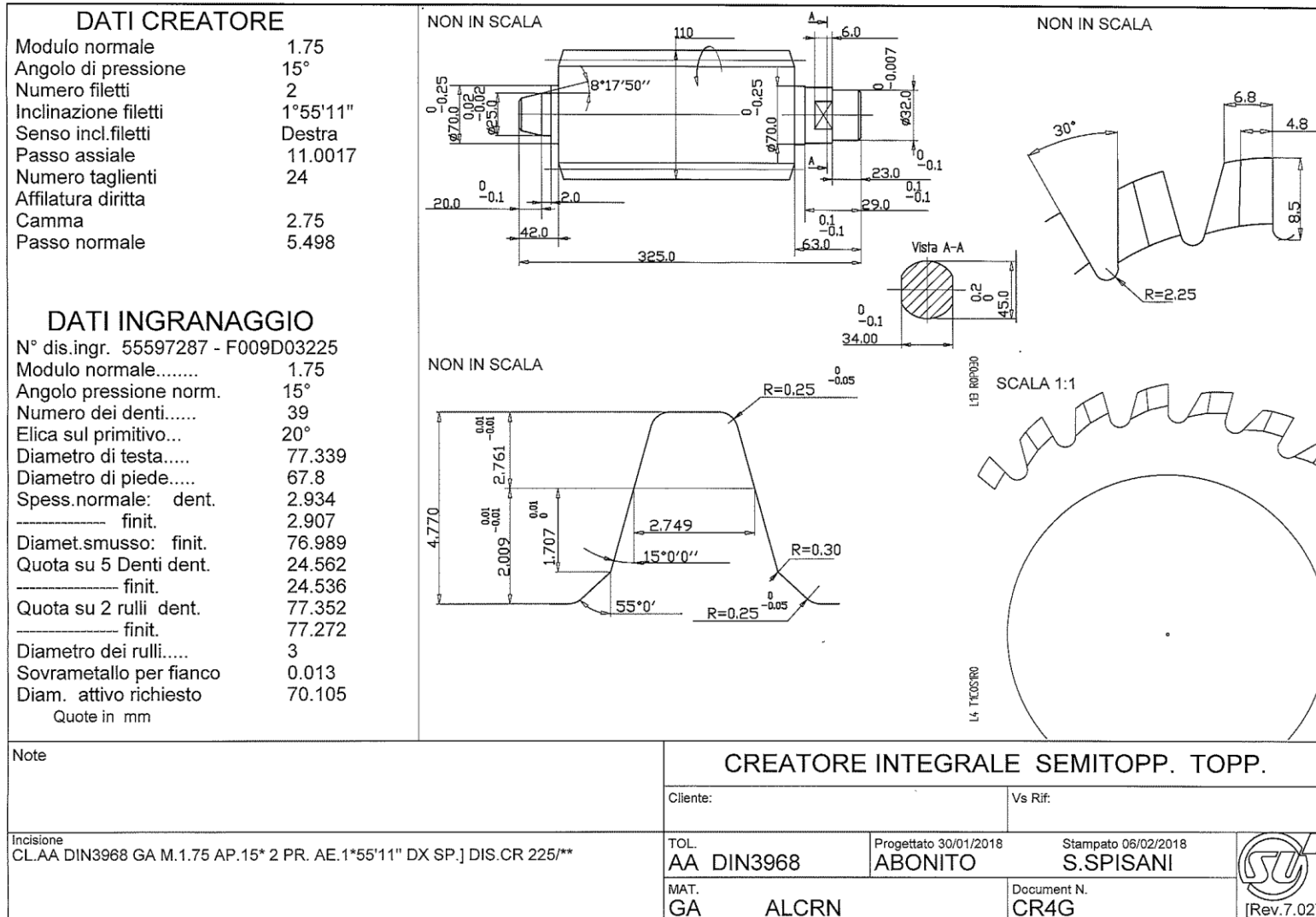


| | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Note | CREATORE INTEGRALE PROTUB. SEMITOPP. TOPP. | | |
| | Cliente: | Vs Rif: | |
| Incisione CL.A DIN3968 GA M.2.31 AP.18° 3 PR. AE.3°54'38" DX SP.] DIS.504378732 CR 732/** | TOL. A DIN3968 | Progettato 16/01/2018 ABONITO | Stampato 06/02/2018 S.SPISANI |
| | MAT. GA ALCRN | Document N. CR1G | [Rev.7.02] |

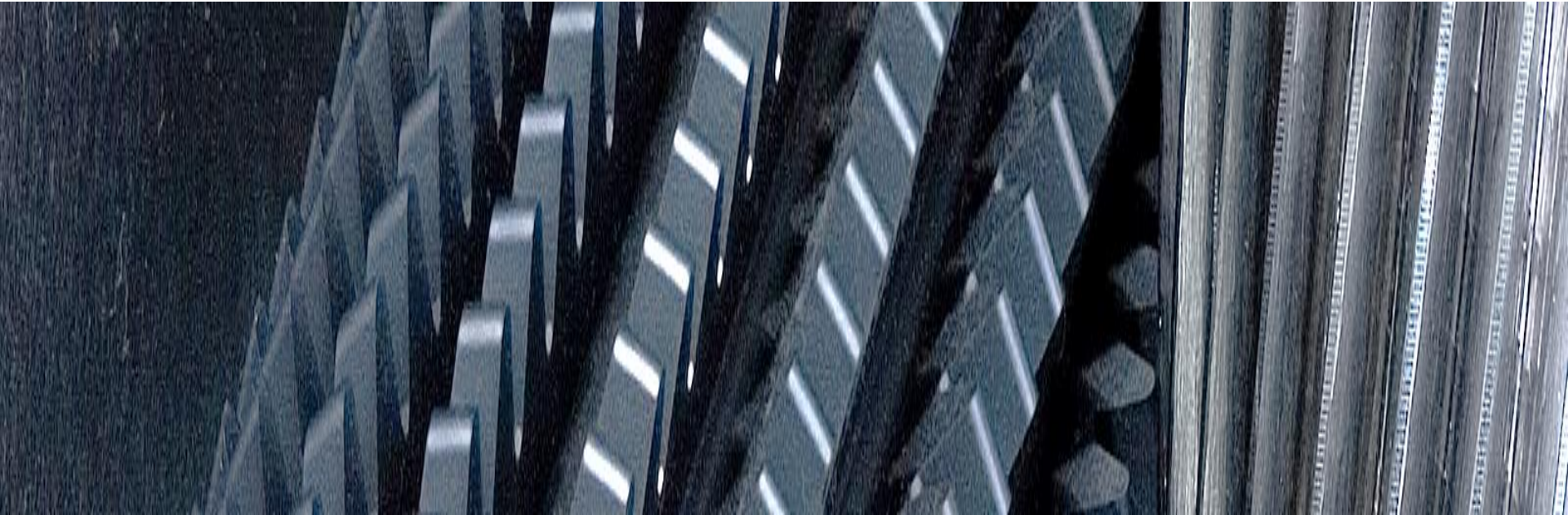
Disegno creatore CR2

| | | | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|---|--|--|--|
| <p>WÄLZFRÄSERDATEN</p> <p>Normalmodul..... 2.1167 Normaleingriffswinkel.. 30° Gangzahl..... 1 Steigungswinkel..... 1°48'18" Steigungsrichtung..... Rechts Axialteilung..... 6.653 Spannutenanzahl..... 19 gerade Spannuten rad. Hinterarbeitung. Normalteilung..... 2 6.65</p> | <p>nicht im Maßstab</p> | <p>nicht im Maßstab</p> | | | | |
| <p>VERZÄHNUNGSDATEN</p> <p>Zahnradzeichnungsnr ... Z=20 Normalmodul 2.1167 Normaleingriffswinkel . 30° Zähnezahl 20 Teilkreisschrägungsw .. 0° Kopfkreis-ø 44.27 Fußkreis-ø 39.26 normal Zahndicke gefr. 3.168</p> <p>ø Abschrägung: fertig. 43.744 Zweikugelmaß gefr. .. 48.191 ----- fertig. 48.191 Rollen-ø 4 Aktiv-ø soll 39.93</p> <p>Abmessungen in mm</p> | <p>nicht im Maßstab</p> | <p>Maßstab 1:1</p> | | | | |
| <p>Bem.</p> | | | <p>VOLLSTAHLWÄLZFRÄSER Semitopping</p> | | | |
| <p></p> | | | <p>Ihr Zeichen: DIN 9611 Form 3 Flat Root</p> | | | |
| <p>Beschriftung CLAA DIN3968 GA NDP.12 NEW.30* 1 GZ. SW.1*48'18" RH SG.] ZN.DIN 9611 Form 3 Flat Root</p> | | | <p>Qualität: AA DIN3968</p> | | <p>Gezeichnet 23/03/2017 Gedruckt 06/02/2018 RANISAVLJEVM S.SPISANI</p> | |
| <p></p> | | | <p>Werkstoff: GA ALCRN</p> | | <p>Document N. CR2G</p> | |
| <p></p> | | | <p> [Rev.7.02]</p> | | | |

Disegno creatore CR4



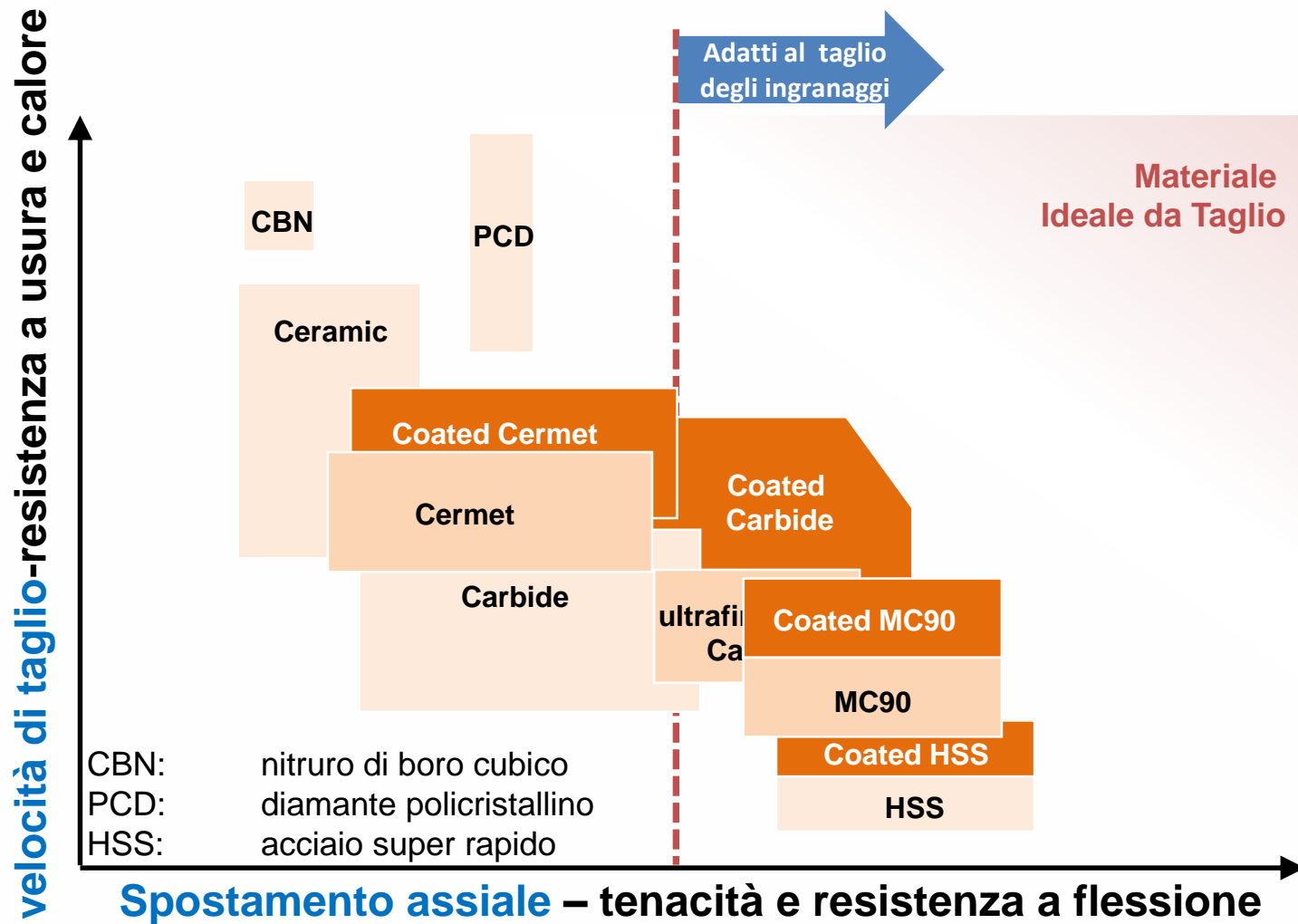
Materiali



Materiali da Taglio

Materiali da Lavorare

Materiali da Taglio



Fonte: WZL of RWTH Aachen University

HSS vs Carbide

| Carbide | HSS-PM |
|---|--|
| <p>↑ Alta resistenza del bordo tagliente</p> | <p>↑ Buona resistenza alla flessione</p> |
| <p>↑ Elevata resistenza alla pressione</p> | <p>↑ Favorevoli proprietà di tenacità</p> |
| <p>↑ Elevata resistenza all'usura dovuta allo sviluppo di calore.</p> | <p>↑ Prezzo favorevole</p> |
| <p>↓ Tendenza alla rottura dello spigolo tagliente.</p> | <p>↑ Facilità di ottenimento</p> |
| <p>↓ Sensibilità alle inversioni di carico (tensione a trazione/ tensione a compressione)</p> | <p>↓ Durezza ridotta alle alte temperatura</p> |
| <p>↓ Costoso</p> | |

Equivalenza acciai HSS

| Materiale | Crucible | BOEHLER | ERASTEEL |
|------------|---------------|-----------|-------------------|
| M35 | REX M35 | S705 | E M35 |
| PM4 | PM M4 | S692/S690 | ASP2004/2023 |
| PM5 | REX-45/REX-54 | S592/S590 | ASP2030 |
| PM6 | REX-76/PM T15 | S392/S390 | ASP2052/2053/2048 |
| PM7 | REX-86 | S290 | ASP2080 |

Gli acciai equivalenti sono stati selezionati tramite equivalenze chimiche e/o risultati applicativi.

Gli acciai solforosi (es. S592, S392) offrono migliore lavorabilità.

Composizione chimica degli acciai HSS

| | C | Mo | V | Cr | W | Co | S |
|-------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| PM M-4 | 1.42 | 5.25 | 4.00 | 4.00 | 5.50 | - | 0.22 |
| ASP-2004 | 1.40 | 5.00 | 4.10 | 4.20 | 5.80 | - | - |
| S690/692 | 1.43 | 5.00 | 3.65 | 4.00 | 5.60 | - | (0.23) |
| ASP-2023 | 1.28 | 5.00 | 3.10 | 4.10 | 6.40 | - | - |
| M-35V | 1.00 | 5.00 | 4.00 | 3.80 | 6.00 | 5.00 | - |
| CPM Rex-54 | 1.48 | 5.00 | 3.75 | 4.00 | 5.50 | 5.00 | - |
| S590/592 | 1.30 | 5.00 | 3.00 | 4.20 | 6.30 | 8.40 | (0.23) |
| ASP-2030 | 1.28 | 5.00 | 3.10 | 4.10 | 6.40 | 8.50 | - |
| CPM Rex-45 | 1.30 | 5.00 | 3.05 | 4.05 | 6.25 | 8.00 | 0.22 |
| ASP-2052 | 1.60 | 2.00 | 5.00 | 4.80 | 10.50 | 8.00 | - |
| S390/392 | 1.63 | 2.30 | 5.10 | 4.90 | 10.10 | 8.30 | (0.23) |
| CPM Rex-76 | 1.50 | 5.25 | 3.10 | 3.75 | 9.75 | 8.50 | 0.22 |
| CPM Rex-86 | 2.00 | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 10.00 | 9.00 | 0.22 |
| T-15 | 1.60 | - | 4.90 | 4.00 | 12.00 | 5.00 | 0.22 |
| S290 | 1.99 | 2.50 | 5.10 | 3.60 | 14.40 | 11.00 | - |
| ASP-2060 | 2.30 | 7.00 | 6.50 | 4.20 | 6.50 | 10.50 | - |
| ASP-2080 | 2.45 | 5.00 | 6.50 | 4.00 | 11.00 | 16.00 | - |

MC90 introduzione



Nuovo materiale da taglio di Böhler:

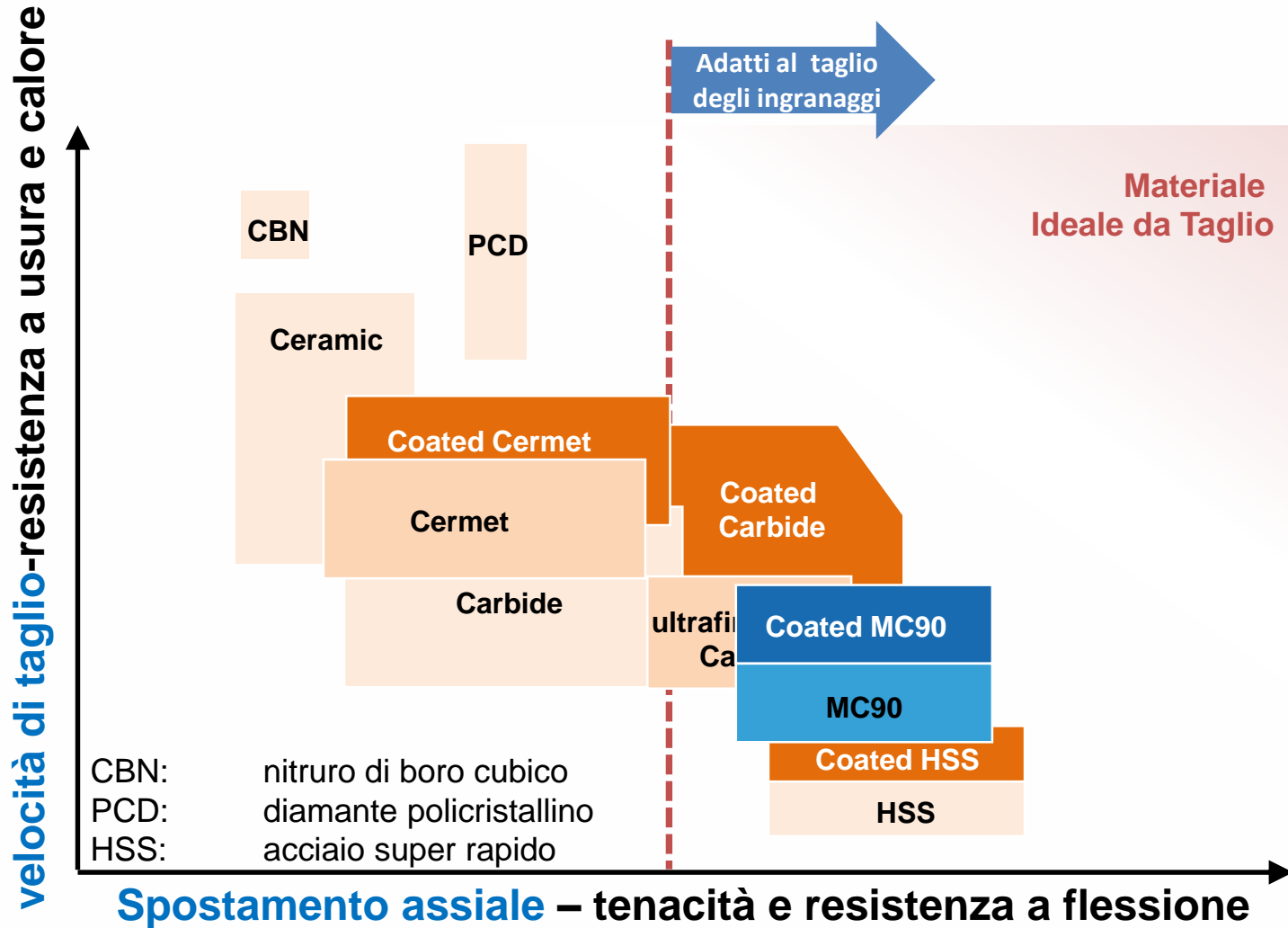


BÖHLER MC90 *INTERMET*

Il nuovo MC90 combina le proprietà dei PM-HSS con un'alta stabilità termica

- Maggiore stabilità termica
- Maggiore durezza a caldo
- Minori tensioni indotte dal calore
- Tenacità costante durante il taglio

MC90 Materiali da Taglio

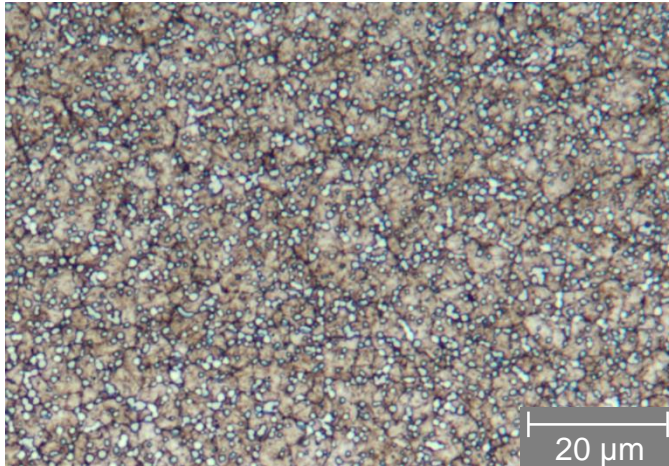


Fonte: WZL of RWTH Aachen University



MC90 Analisi delle strutture

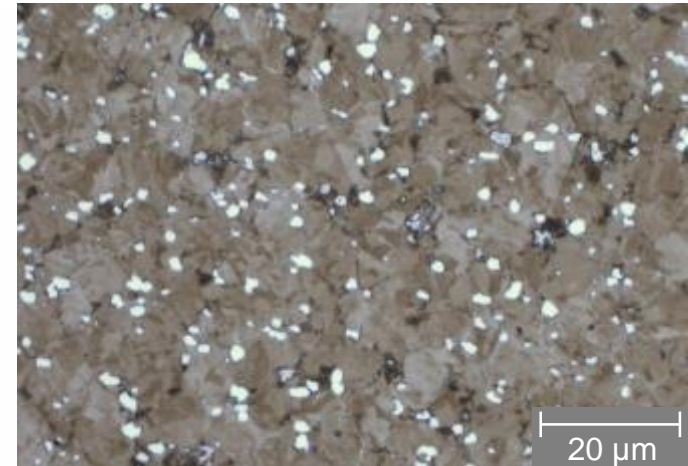
ASP2030



carburi incorporati nella
matrice di acciaio temprato

| C | Cr | Si | Mn | Mo | W | Co | V |
|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 1,3 | 4,2 | 0,6 | 0,3 | 5 | 6,4 | 8,5 | 3,1 |

MC90



embedded intermetallic phases
in a hardened matrix

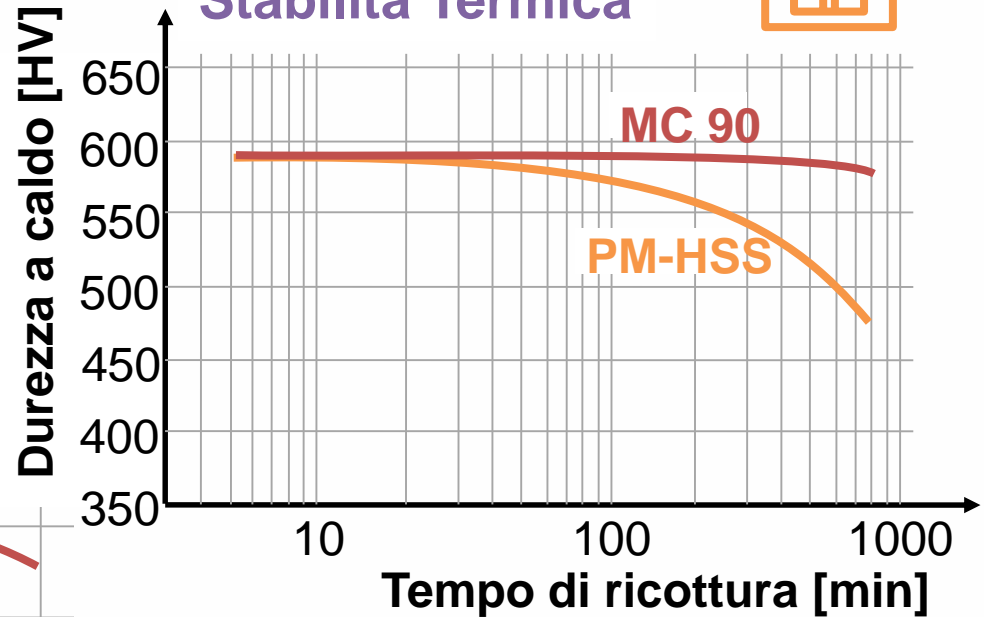
| C | Cr | Si | Mn | Mo | W | Co | V |
|---|----|-----|-----|----|---|----|---|
| 0 | 0 | 0,6 | 0,2 | 15 | 0 | 25 | 0 |

La combinazione di **Fe** con **Co** e **Mo** senza **C** ha un'alta resistenza al calore.
Questo porta alla possibilità di lavorare ad alte velocità di taglio senza
diminuzioni di durezza.

MC90 capacità termica

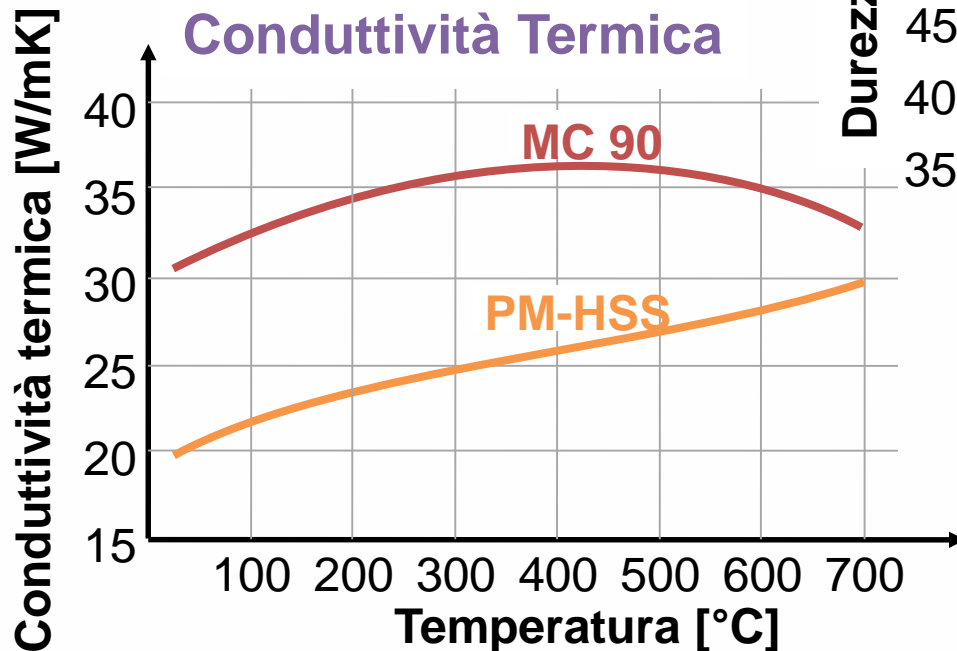


Stabilità Termica

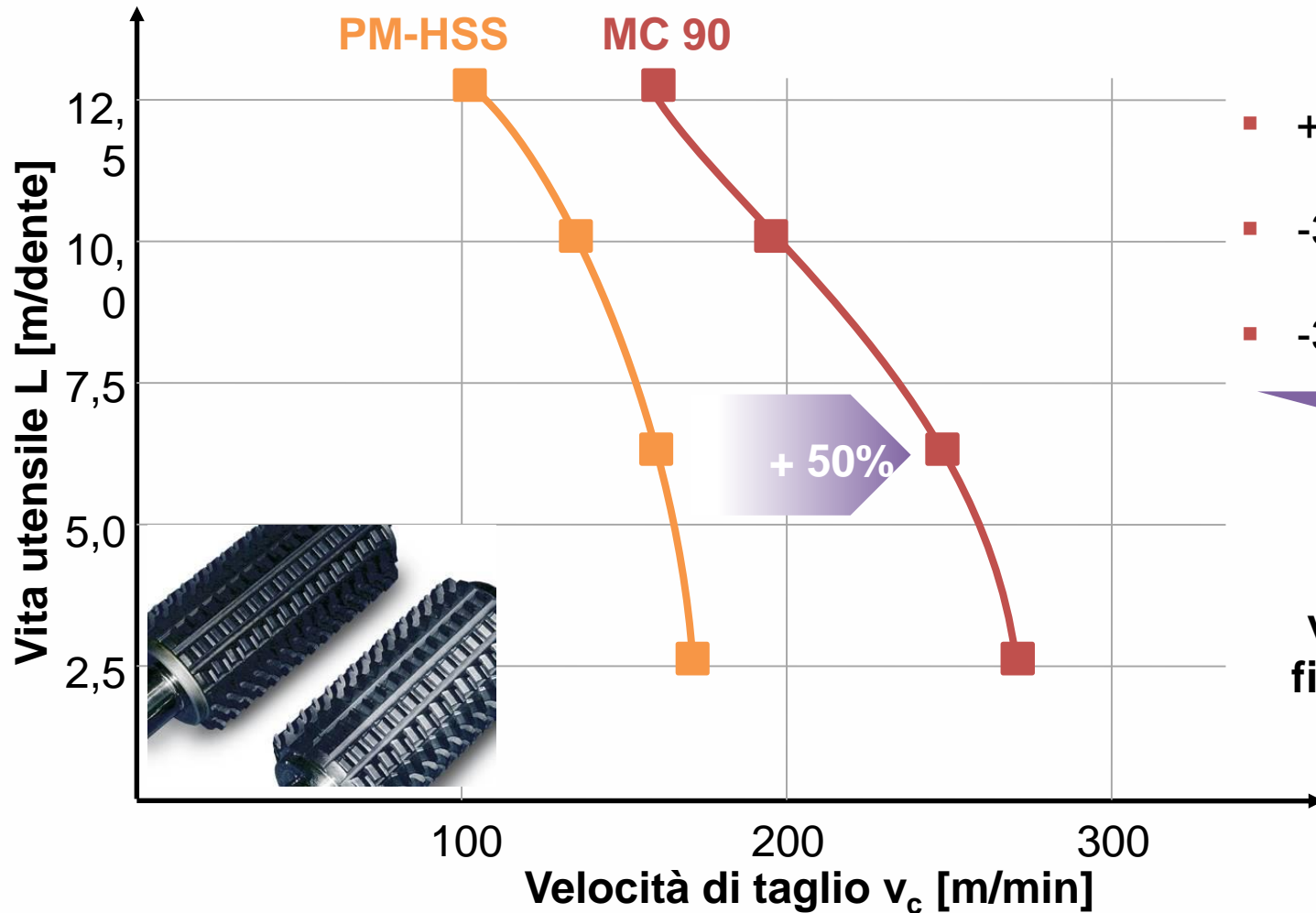


MC90 mostra una alta stabilità termica

Elevata tenacità costante anche alle alte temperature.



MC90 performance



- +50% produttività
- -30% tempo ciclo
- -30% costo pezzo



E' possibile aumentare la velocità di taglio fino al 50%, senza ridurre la vita utensile.

MC90 Riepilogo



- Alta produttività rispetto all' HSS.



Costanza parametri di taglio → aumento vita utensile
o
aumento velocità di taglio → riduzione tempo ciclo fino al 50%

- Meno costoso del carbide.
- Affilatura con mole ceramiche o CBN. Non richiesti utensili diamantati.
- Lavorabilità simile all' HSS.
(meno fragile del carbide)
- Nessuna Perdita di cobalto durante il de-coating.

Torna alla [panoramica](#)

Rapporto tra resistenza alla trazione e durezza

| R _m | HV | HB | HRc | R _m | HV | HB | HRc | R _m | HV | HB | HRc |
|----------------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|
| 400 | 125 | 119 | - | 800 | 250 | 238 | 22 | 1400 | 434 | 413 | 44 |
| 420 | 132 | 125 | - | 820 | 255 | 242 | 23 | 1430 | 443 | 421 | 45 |
| 440 | 138 | 131 | - | 835 | 260 | 247 | 24 | 1480 | 458 | 435 | 46 |
| 460 | 143 | 136 | - | 860 | 268 | 255 | 25 | 1530 | 473 | 449 | 47 |
| 480 | 150 | 143 | - | 870 | 272 | 258 | 26 | 1570 | 484 | | 48 |
| 500 | 157 | 149 | - | 900 | 280 | 266 | 27 | 1620 | 497 | | 49 |
| 520 | 163 | 155 | - | 920 | 287 | 273 | 28 | 1680 | 514 | | 50 |
| 540 | 168 | 160 | - | 940 | 293 | 278 | 29 | 1730 | 527 | | 51 |
| 560 | 175 | 166 | - | 970 | 302 | 287 | 30 | 1790 | 544 | | 52 |
| 580 | 181 | 172 | - | 995 | 310 | 295 | 31 | 1845 | 560 | | 53 |
| 600 | 187 | 178 | - | 1020 | 317 | 301 | 32 | 1910 | 578 | | 54 |
| 620 | 193 | 184 | - | 1050 | 327 | 311 | 33 | 1980 | 596 | | 55 |
| 640 | 200 | 190 | - | 1080 | 336 | 319 | 34 | 2050 | 615 | | 56 |
| 660 | 205 | 195 | - | 1110 | 345 | 328 | 35 | 2140 | 639 | | 57 |
| 680 | 212 | 201 | - | 1140 | 355 | 337 | 36 | 2200 | 655 | | 58 |
| 700 | 219 | 208 | - | 1170 | 364 | 346 | 37 | | 675 | | 59 |
| 720 | 225 | 214 | - | 1200 | 373 | 354 | 38 | | 698 | | 60 |
| 740 | 230 | 219 | - | 1230 | 382 | 363 | 39 | | 720 | | 61 |
| 760 | 237 | 225 | - | 1260 | 392 | 372 | 40 | | 745 | | 62 |
| 770 | 240 | 228 | - | 1300 | 403 | 383 | 41 | | 773 | | 63 |
| 780 | 243 | 231 | 21 | 1330 | 413 | 393 | 42 | | 800 | | 64 |
| | | | | 1360 | 423 | 402 | 43 | | 829 | | 65 |

Gradi P/K di Carbide

Carbide Grado K:

Carburo di Tungsteno (WC) + legante Cobalto (Co)

Preferito per processi con formazione di piccolo trucioli e tagli interrotti.
Minore resistenza al calore ed elevata resistenza alla compressione e alla flessione.

K05, K10, K20, K30 ... Più piccolo è il numero, più alta è la resistenza all'usura
Più alto è il numero più alta è la resistenza alla flessione

Carbide Grado P:

Carburo di Tungsteno(WC)+Carburo di Titanio e Tantalio(TiC,TaC)+legante Cobalto(Co)

Preferito per processi con formazione di lunghi trucioli tipo la tornitura.
Alta resistenza al calore, alta resistenza agli agenti chimici
e bassa resistenza alla compressione ed alla flessione.

P05, P10, P20, P30 ... Più piccolo è il numero e più alta è la resistenza all'usura
Più alto è il numero e più alta è la resistenza alla flessione

Training Coltelli



Coltelli

XYZ

XYZ2

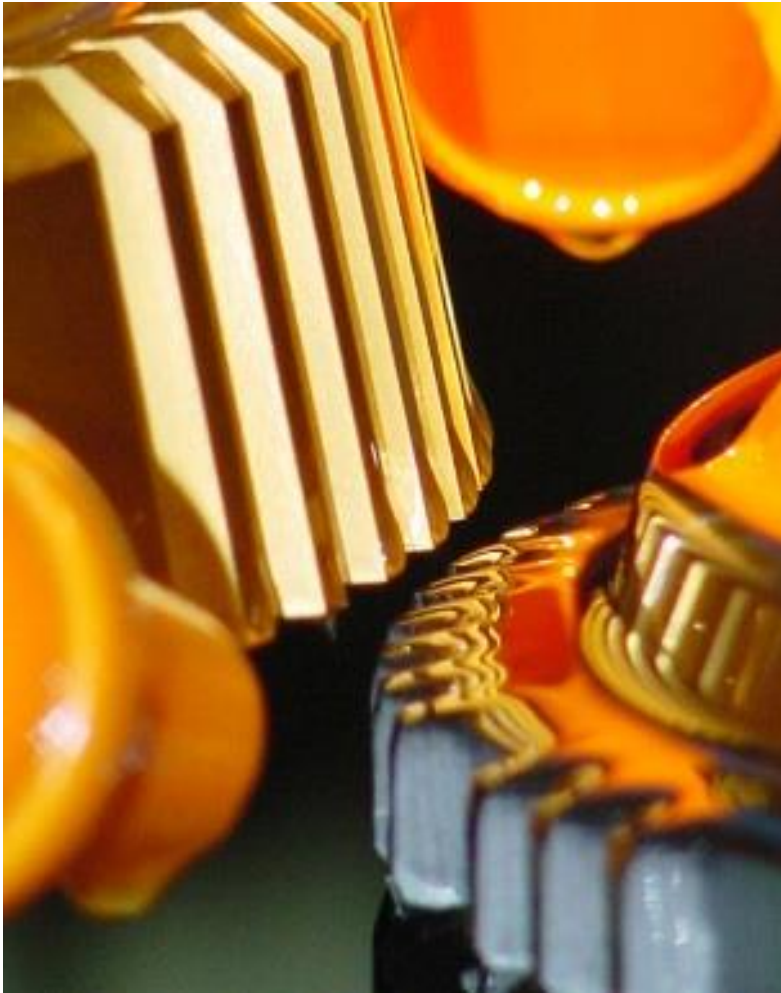
Dentatura a coltello



Mechanical Stroke

Fonte: Bourn&Koch

Introduzione

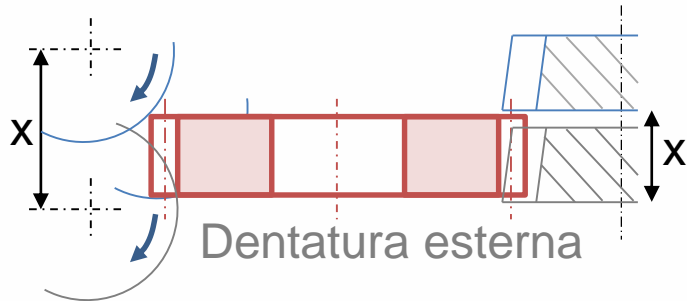


- La dentatura a coltello è un processo di rimozione del truciolo usato per la Produzione di ingranaggi.
- Il pezzo e l'utensile eseguono un movimento rotatorio continuo sulla macchina (movimento di rotolamento) in funzione del numero di denti.
- Allo stesso tempo il coltello segue un movimento necessario per la rimozione dei trucioli in direzione assiale.
- Il materiale viene semplicemente tagliato dalla corsa di lavoro che è seguita dalla corsa di ritorno per riportare l'utensile nella posizione di partenza.
- Contrariamente alla dentatura con creatore dove i fianchi ad evolvente sono generati dal movimento rotatorio dei fianchi del creatore, il profilo di riferimento del coltello è anch'esso evolvente.

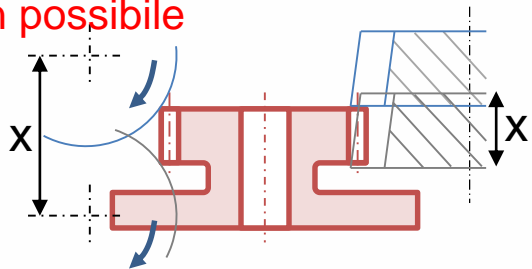
Limiti di processo

Creatore

Coltello

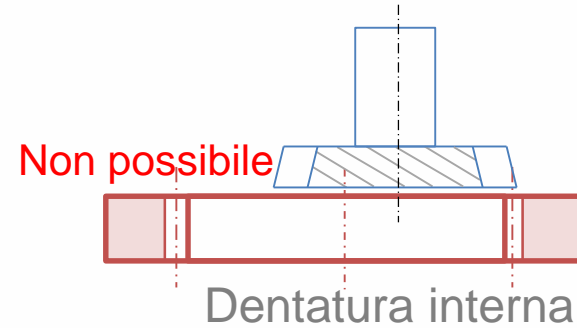


Non possibile

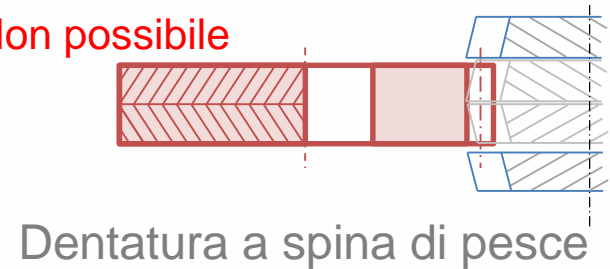


Creatore

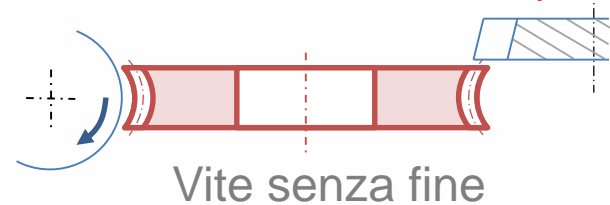
Coltello



Non possibile



Non possibile



Geometria di oltrecorsa

E' necessario assicurarsi che, a parte l'oltrecorsa dell'utensile che è il risultato della geometria dell'ingranaggio, ci deve essere uno spazio libero per l'evacuazione truciolo.

Il disegno dello scarico del pezzo dovrebbe garantire la rimozione dei trucioli senza ostacoli.

Oltrecorsa

$$A = 0,07 * BZ$$

Extra per coltello elicoidale

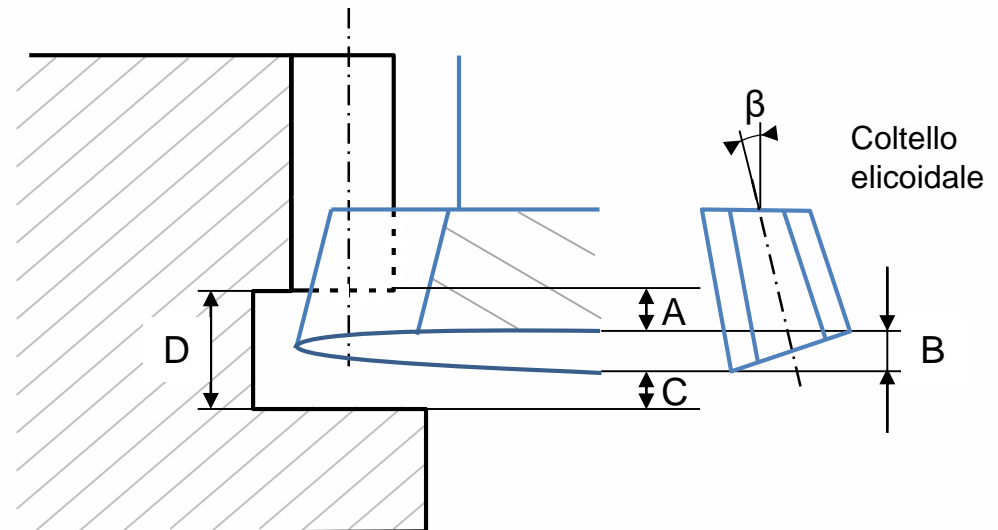
$$B = 0,6 * m_n * \pi * \sin \beta$$

Area truciolo

$$C = 0,08 * BZ + 0,5$$

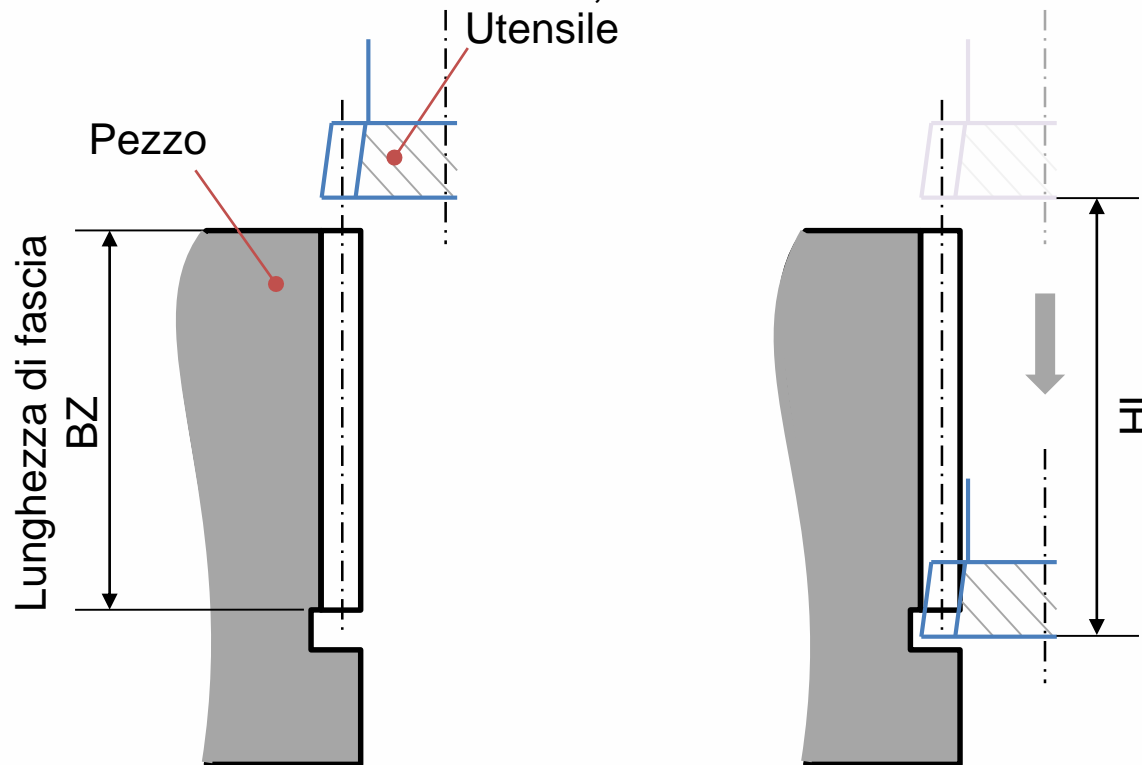
Lunghezza di avvicinamento

$$D = A + B + C$$



Uscita utensile

Contrariamente agli altri processi per asportazione di truciolo, lo shaping richiede solamente un piccolo spazio di uscita utensile. Spesso lo spazio di lavoro è limitato da interferenze di contorno. La lunghezza raccomandata di lavoro HL è 1,14 volte BZ.



$$\text{Lunghezza di corse } HL = 1,14 \cdot BZ$$

Dimensioni del coltello

Dimensioni del coltello

Formula per il calcolo del diametro esterno - d_{a0}

$$d_{a0} = \frac{m_{n0}}{\cos \beta_0} \cdot z_0 + 2 \cdot x_0 \cdot m_{n0} + 2 \cdot h_{aP0}$$

Formula per il calcolo del diametro di piede - d_{f0}

$$d_{f0} = \frac{m_{n0}}{\cos \beta_0} \cdot z_0 + 2 \cdot x_0 \cdot m_{n0} - 2 \cdot h_{fP0}$$

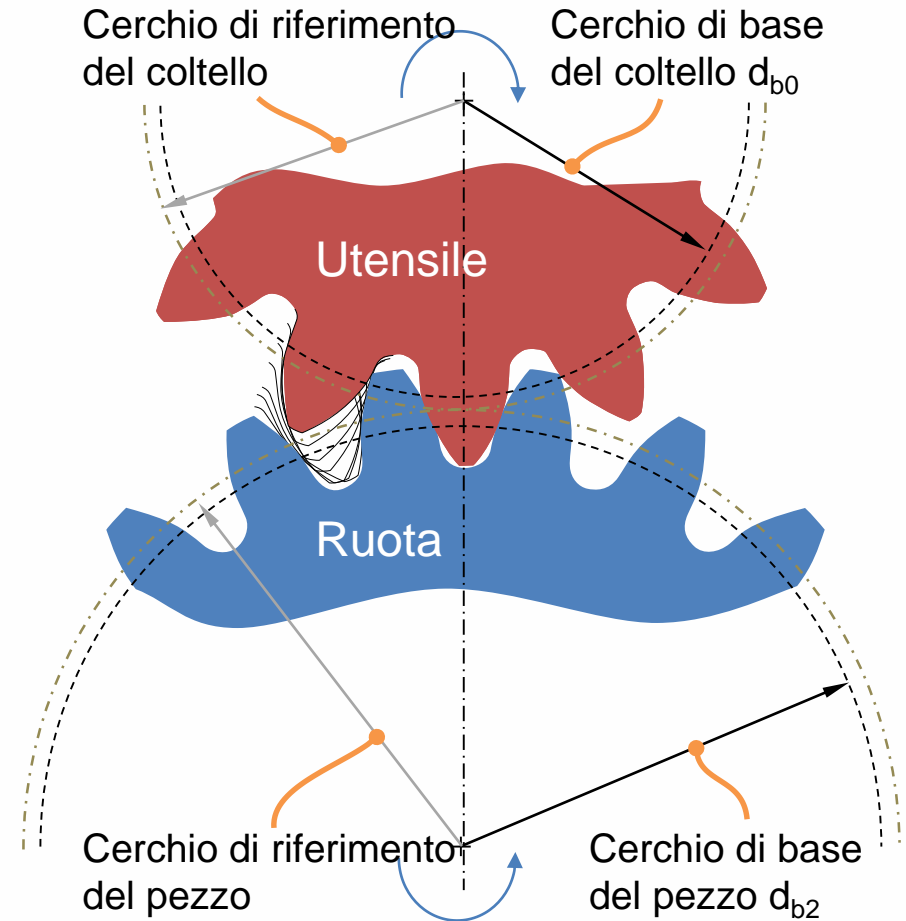
Formula per il calcolo della correzione dell'addendum del coltello dritto valida per :

$$\alpha_{n0} = 15^\circ \Rightarrow |x_0 \cdot m_{n0}|_{\max.} = 0,065 \cdot b_3 \pm 0,1 \text{ mm}$$

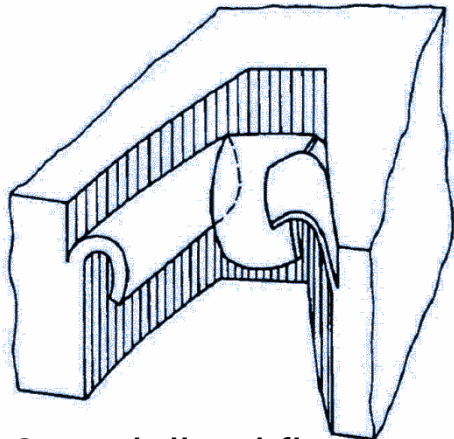
$$\alpha_{n0} = 20^\circ \Rightarrow |x_0 \cdot m_{n0}|_{\max.} = 0,048 \cdot b_3 \pm 0,1 \text{ mm}$$

$$\alpha_{n0} = 25^\circ \Rightarrow |x_0 \cdot m_{n0}|_{\max.} = 0,037 \cdot b_3 \pm 0,1 \text{ mm}$$

* b_3 – larghezza utile del coltello



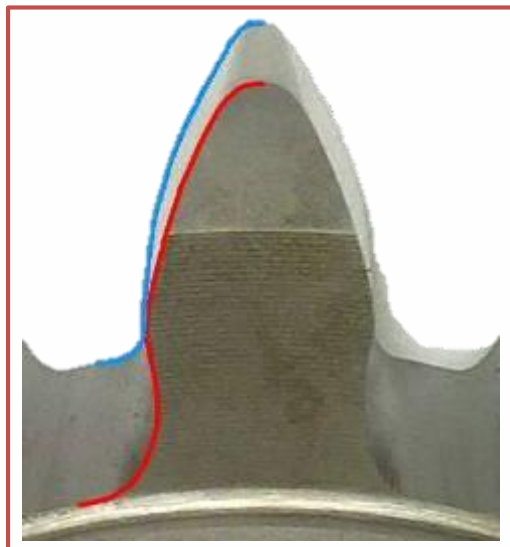
Ricondizionamento dei coltelli



3 trucioli sul fianco

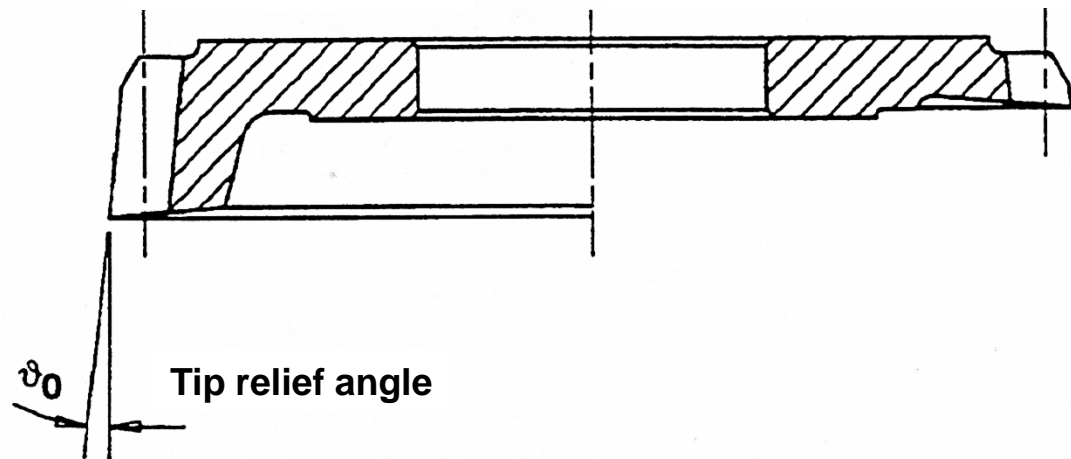
Importante:

Il coltello corrisponde ad uno sperone o ad una ruota elicoidale. La correzione dell'addendum decresce linearmente dal suo valore iniziale (la massima correzione dell'addendum) all'inizio della vita al suo stato finale a fine vita.



Coltello nuovo

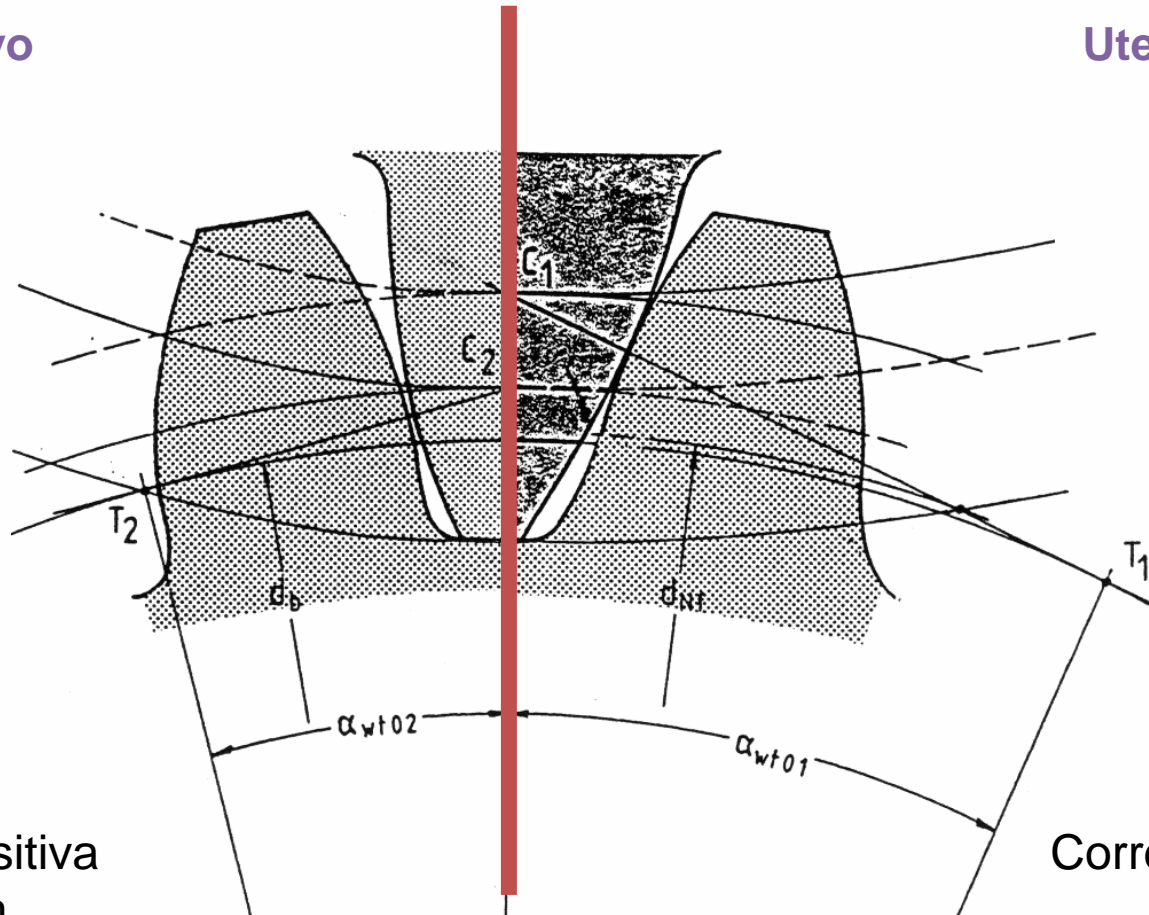
Coltello riaffilato



Variazione della correzione d'addendum

Utensile nuovo

Utensile riaffilato

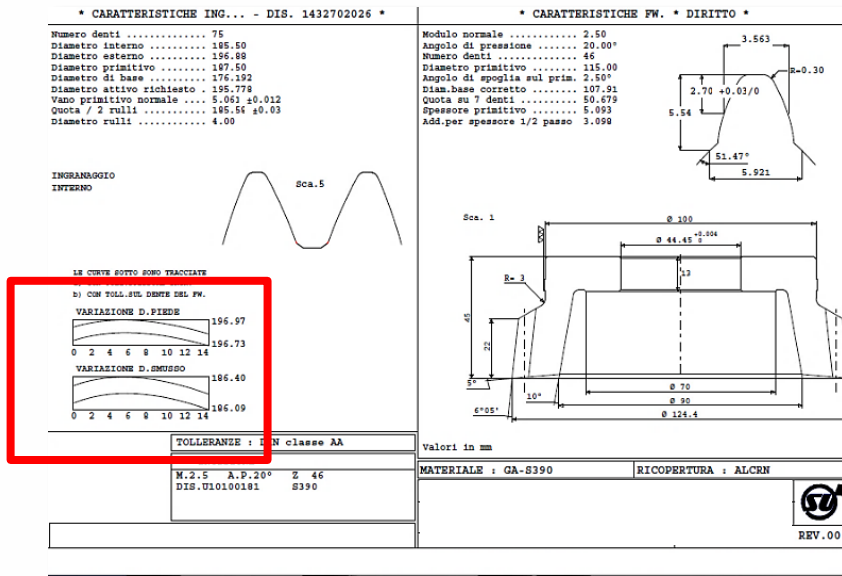


Correzione positiva
Dell'addendum
Dell'utensile

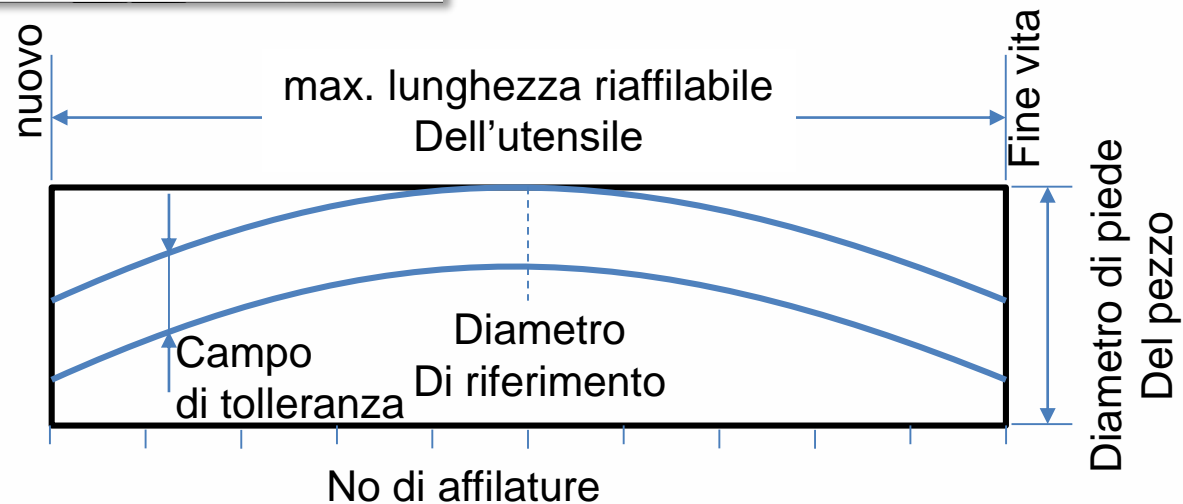
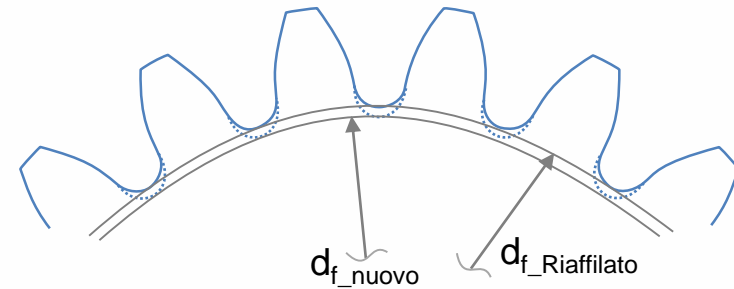
Correzione negativa
Dell'addendum
Dell'utensile

Risultati della stessa parte

Variazioni del diametro di piede



Diametro del piede sul pezzo

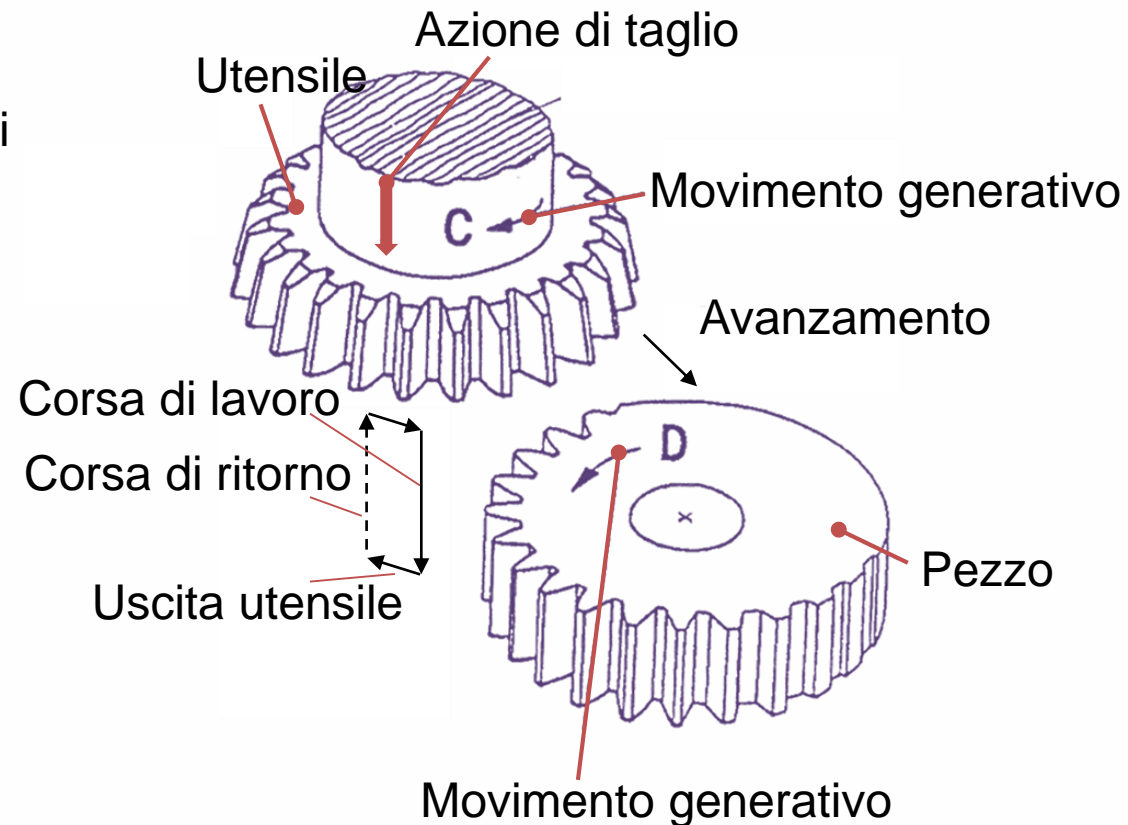


Dentatura a coltello degli ingranaggi a denti dritti

Il profilo degli ingranaggi è generato dalla azione di rotazione sulla stessa linea di pressione (tangenti sul cerchio di base dell'ingranaggio e dell'utensile).

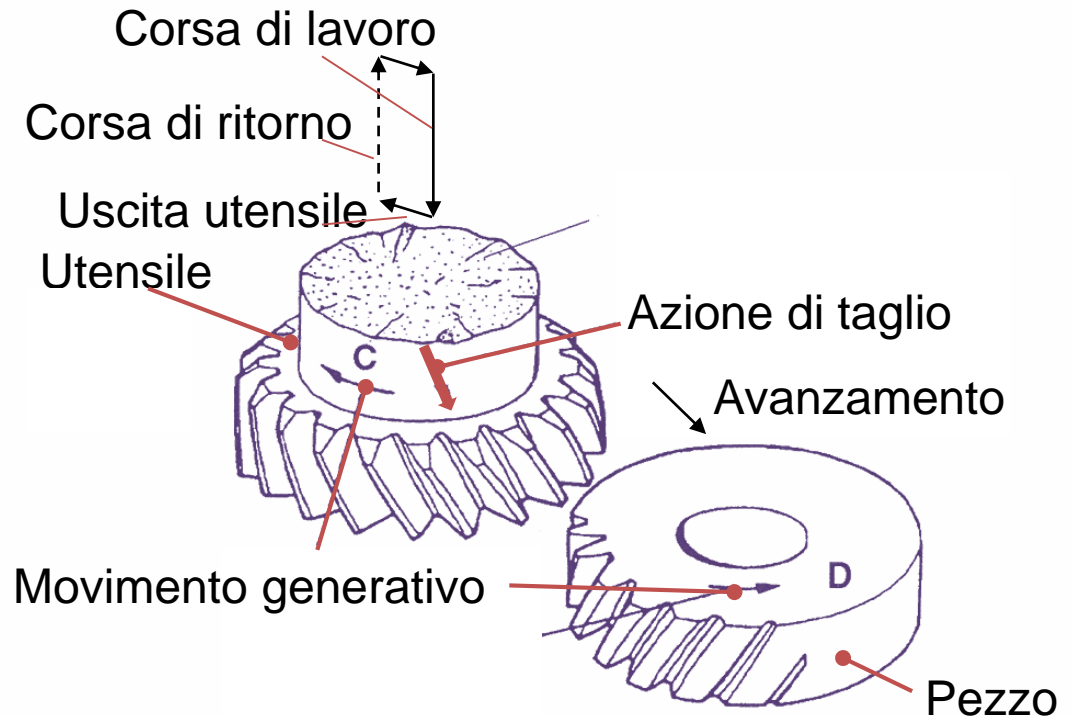
Il movimento di taglio oscillatorio (corsa di taglio e di ritorno) è realizzato dal simultaneo avanzamento assiale dell'utensile sul profilo desiderato.

Durante la corsa di ritorno l'utensile è sollevato dall'ingranaggio da uno speciale sistema per prevenire ogni graffio sui fianchi dell'utensile.



Dentatura a coltello degli ingranaggi a denti elicoidali

Quando realizziamo ruote elicoidali, una azione di rotazione addizionale è data all'utensile dalla guida elicoidale del mandrino della macchina il quale genera l'angolo d'elica richiesto in accordo con l'angolo di inclinazione del coltello.

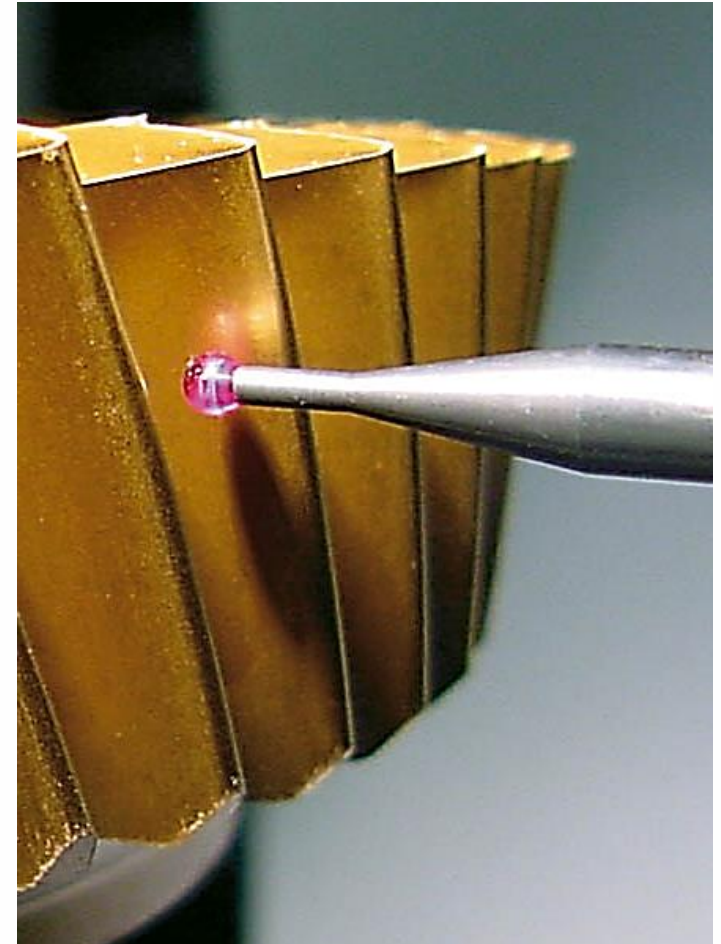


Qualità dei coltelli

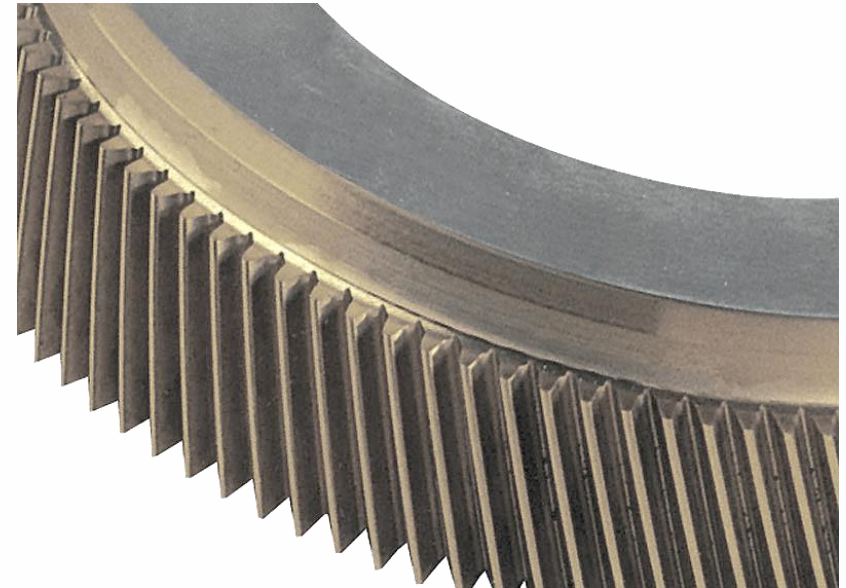
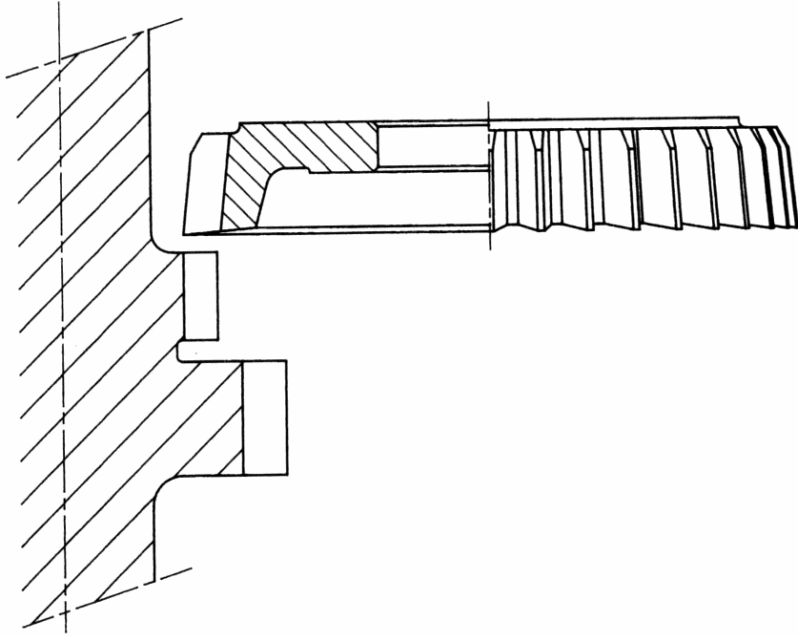
Negli standards attuali, i coltelli sono suddivisi in tre classi di qualità AA, A e B dove AA è la migliore e B è la peggiore. Per offrire coltelli con qualità elevate, le aziende di utensili hanno definite un loro standard di prodotto AAA e AAAA.

Le tolleranze per le single classi di qualità sono date dallo standard **DIN 1829 – part 2**. Le tolleranze di forma e posizione sono identiche per tutte le classi di qualità. Le classi AA e A formano un Gruppo per le specifiche degli spigoli tagliente. Le deviazioni di profilo sono fissate per ogni classe di qualità in relazione al modulo e al passo diametrale.

Passo, eccentricità e errori di forma dente devono essere controllati rispetto all'asse normale fino al centro della profondità della cava.

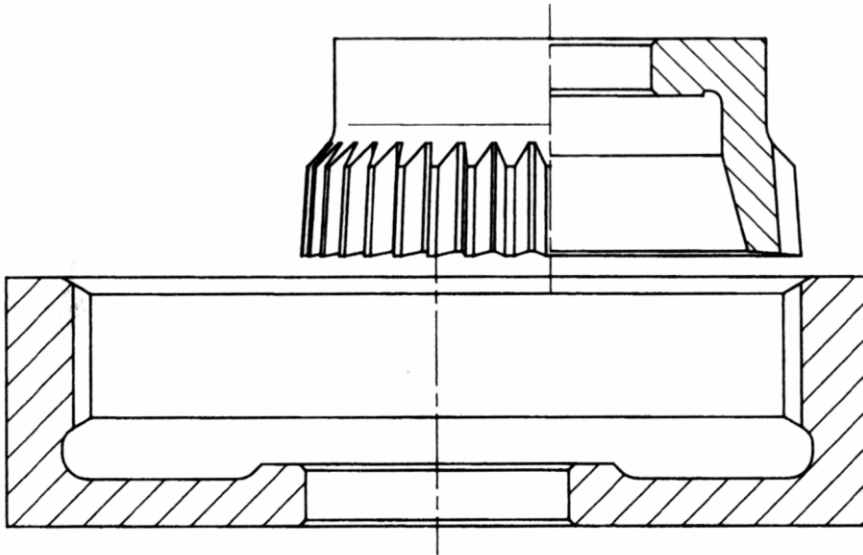


Tipologie: coltelli a disco



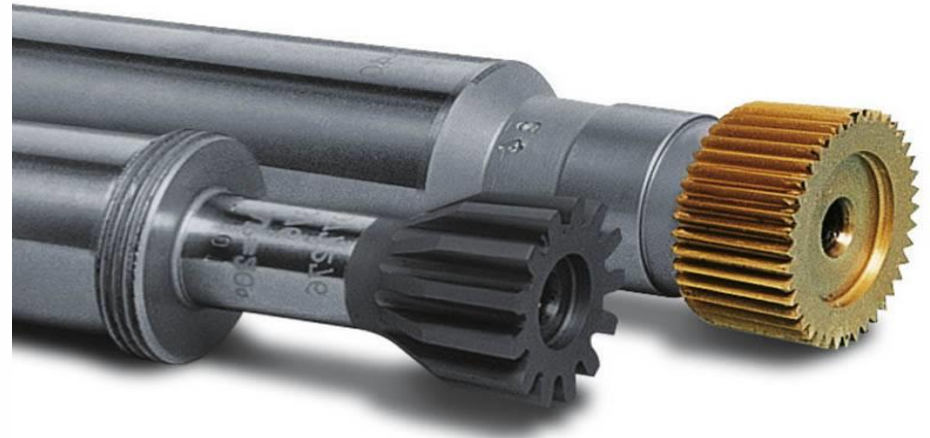
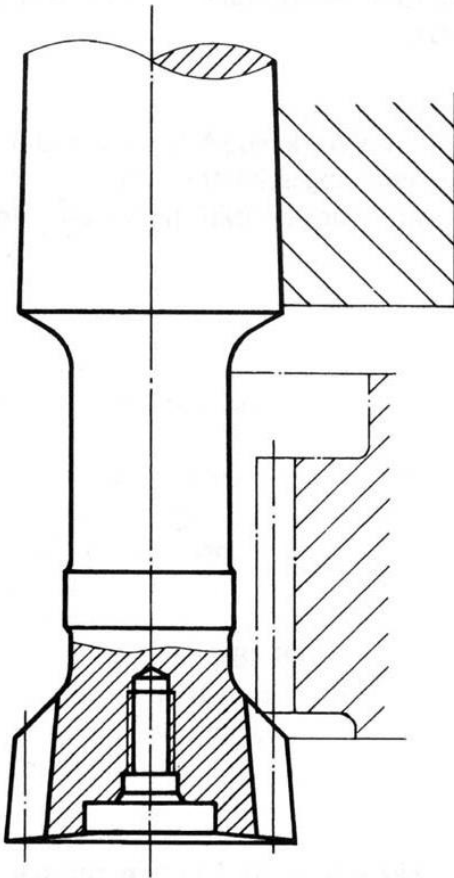
Questo è il coltello più comunemente usato.
La Normativa **DIN 1825** specifica lo standard di controllo dell'utensile.

Tipologie: coltello maschio per dentature interne



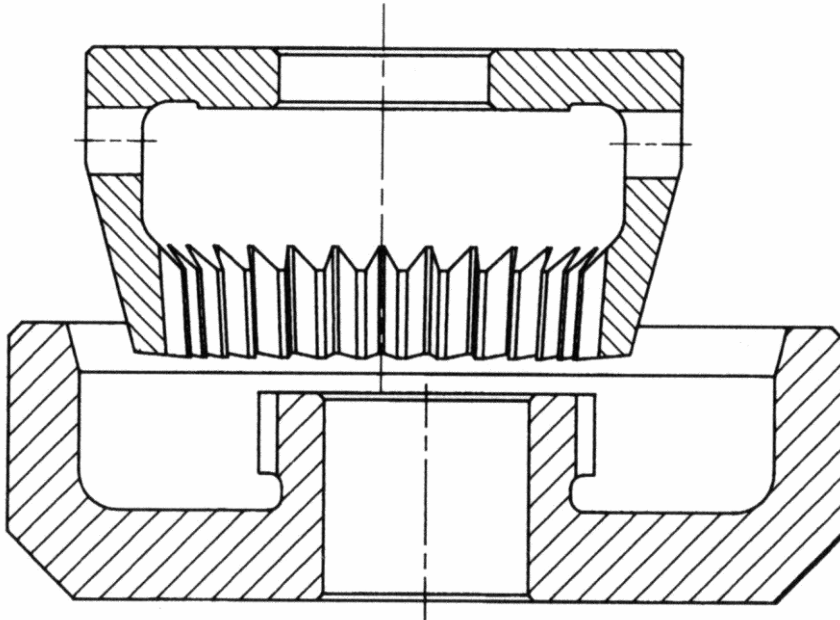
I coltelli maschi per dentature interne sono conformi alla norma **DIN 1826** e vengono utilizzati se la vite di fissaggio del coltello non deve sporgere da dietro la superficie di taglio. Questo tipo di coltello viene utilizzato ad esempio per la lavorazione di ingranaggi con spalla o ad anello con denti a spirale, ecc. L'utensile è realizzato in modo tale da garantire che la vite di fissaggio non sporga anche se l'utensile è stato riaffilato.

Tipologie: coltelli a gambo



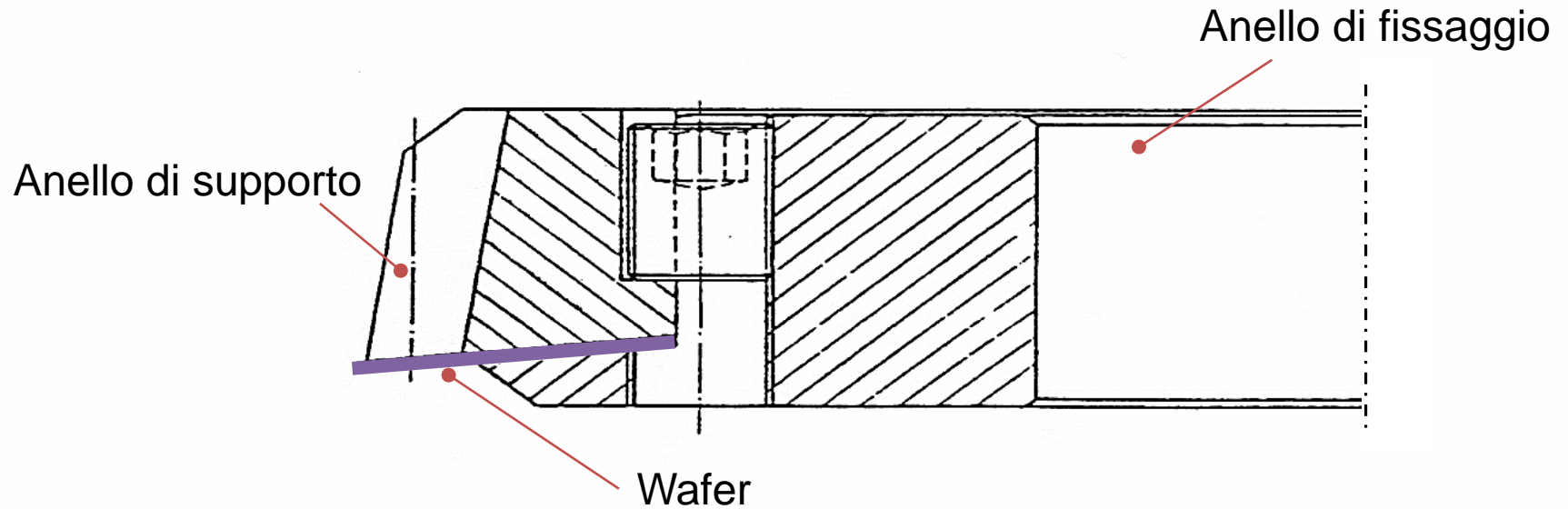
I coltelli a gambo sono definiti nella norma DIN 1828 e vengono utilizzati se l'utensile non può essere progettato con un foro o se è richiesto un numero molto ridotto di denti. In questo caso lo strumento è progettato con un montaggio conico (ad es. MK 1, MK 2, MK 3 o MK 4) o con un gambo cilindrico. La lunghezza del coltello è progettata in modo tale da garantire che la lunghezza di lavoro richiesta sia sempre disponibile anche su utensili usurati.

Tipologie: coltello con dentatura interna



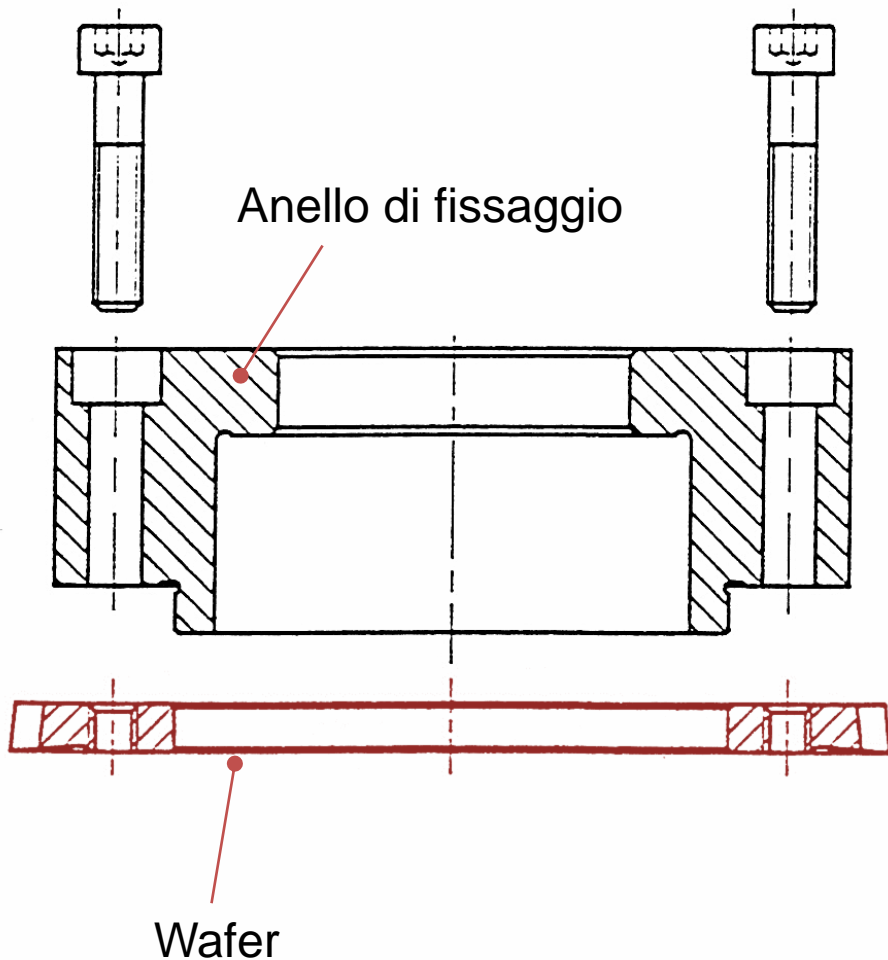
Gli ingranaggi esterni incastonati possono spesso essere lavorati con una piccola taglierina a forma di gambo. A causa del numero molto ridotto di denti, tuttavia, non sarebbe conveniente utilizzare un coltello a gambo per ingranaggi con un numero elevato di denti. Per questo motivo, in questo tipo di applicazione vengono utilizzati coltelli con dentature interne. Questo tipo di coltelli non è regolato da alcuna normativa.

Tipologie: coltello wafer



Il wafer è una piastra di taglio rivestita che è montata tra l'anello di supporto e l'anello di serraggio in modo tale da generare un angolo di inclinazione di circa 5° sul lato inferiore del wafer. L'anello di supporto è profilato e supporta il wafer fino alla punta del dente. È necessario un anello di supporto personalizzato esatto per ogni dimensione di wafer.

Tipologie: coltello solid wafer

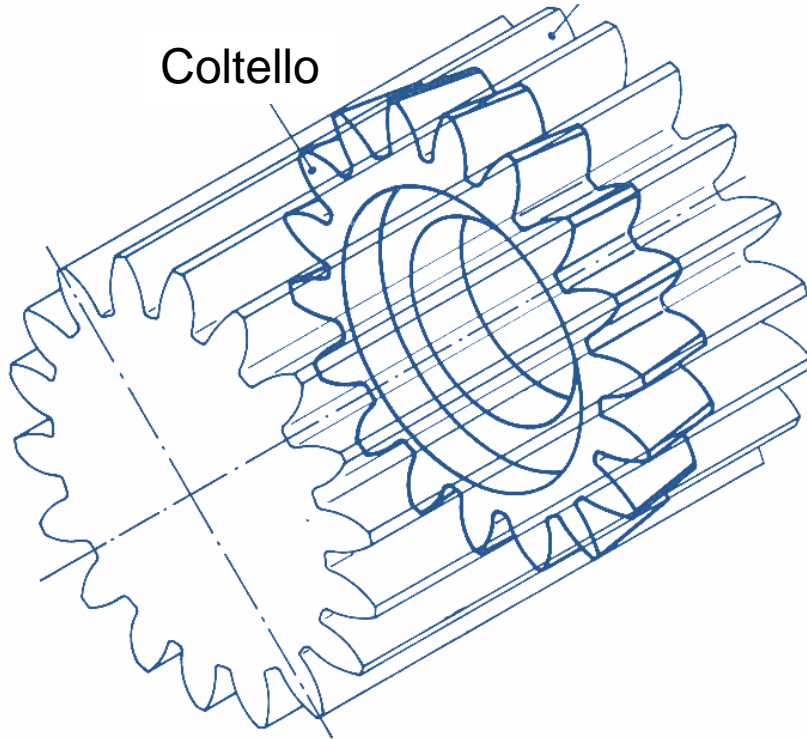


Il solid wafer ha uno spessore di circa 6-10 mm. Il coltello del tipo solid wafer non è riutilizzabile ed è fornito con un rivestimento. Il solid wafer è fissato su un corpo principale dove non è necessario un supporto del dente. Il corpo principale è più universale rispetto ai coltelli wafer, pertanto le dimensioni del corpo principale possono essere standardizzate. Il coltello solid wafer può essere utilizzato anche per la lavorazione di ingranaggi elicoidali.

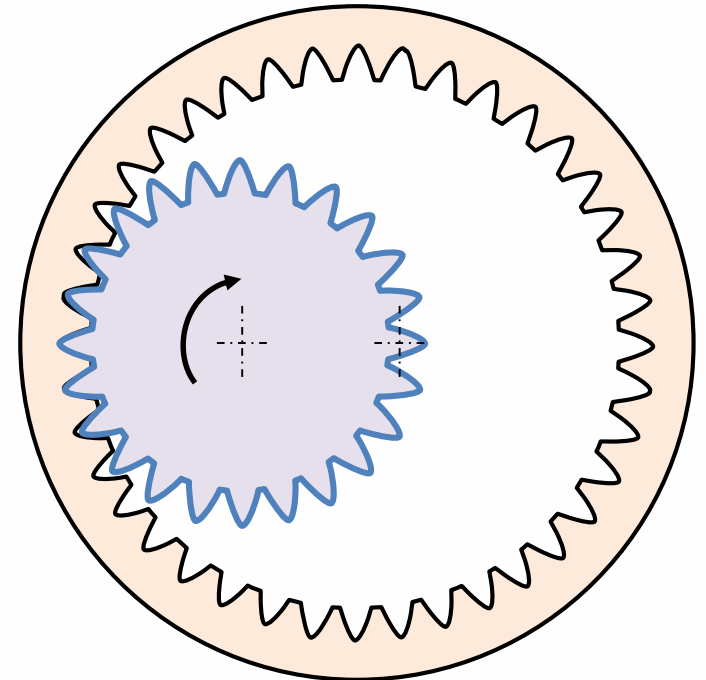
Gli ingranaggi ad evolvente

Ingranaggio ad evolvente

Coltello

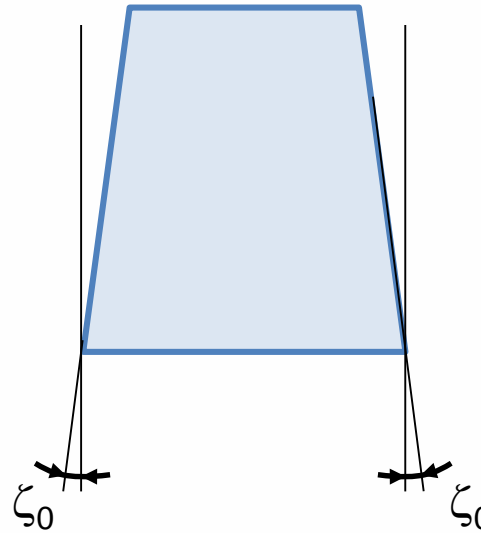
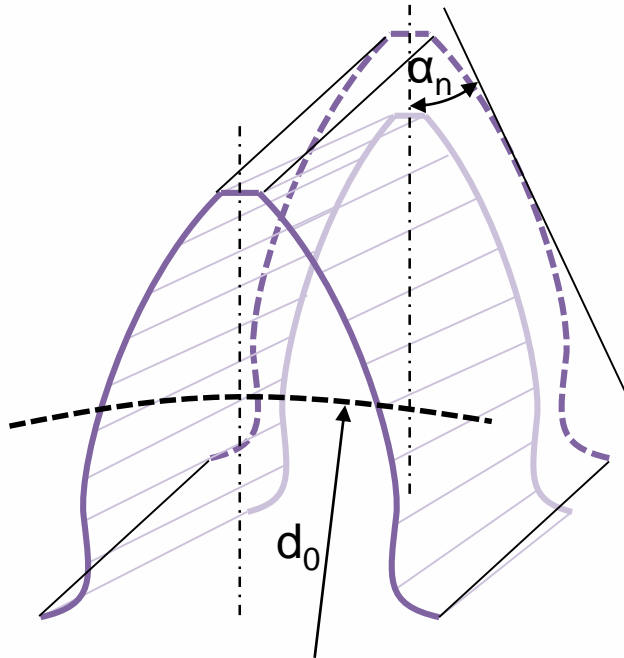


L'evolvente generata dall'utensile si intreccia con il pezzo in lavorazione



Nell'intreccio privo di gioco con il pezzo in lavorazione, i bordi di taglio del coltello replicano l'ingranaggio avvolgente. La dentatura dell'ingranaggio evolvente è effettivamente la stessa di quella dell'utensile.

Angoli di rilievo



Diametro di base:

$$d_{b0} = d_0 * \cos \alpha_{n0}$$

Angolo di pressione normale:

$$\tan \alpha_{n0} = \tan \alpha_{n2} + \tan \zeta_0 * \tan \eta_0$$

- d_{b0} – Diametro di base del coltello
- d_0 – Diametro nominale del coltello
- α_{n0} – Angolo di pressione normale
- α_{n2} – Angolo di pressione normale del pezzo
- ζ_0 – Angolo di spoglia del fianco
- η_0 – Angolo di spoglia

Angoli rilevanti.

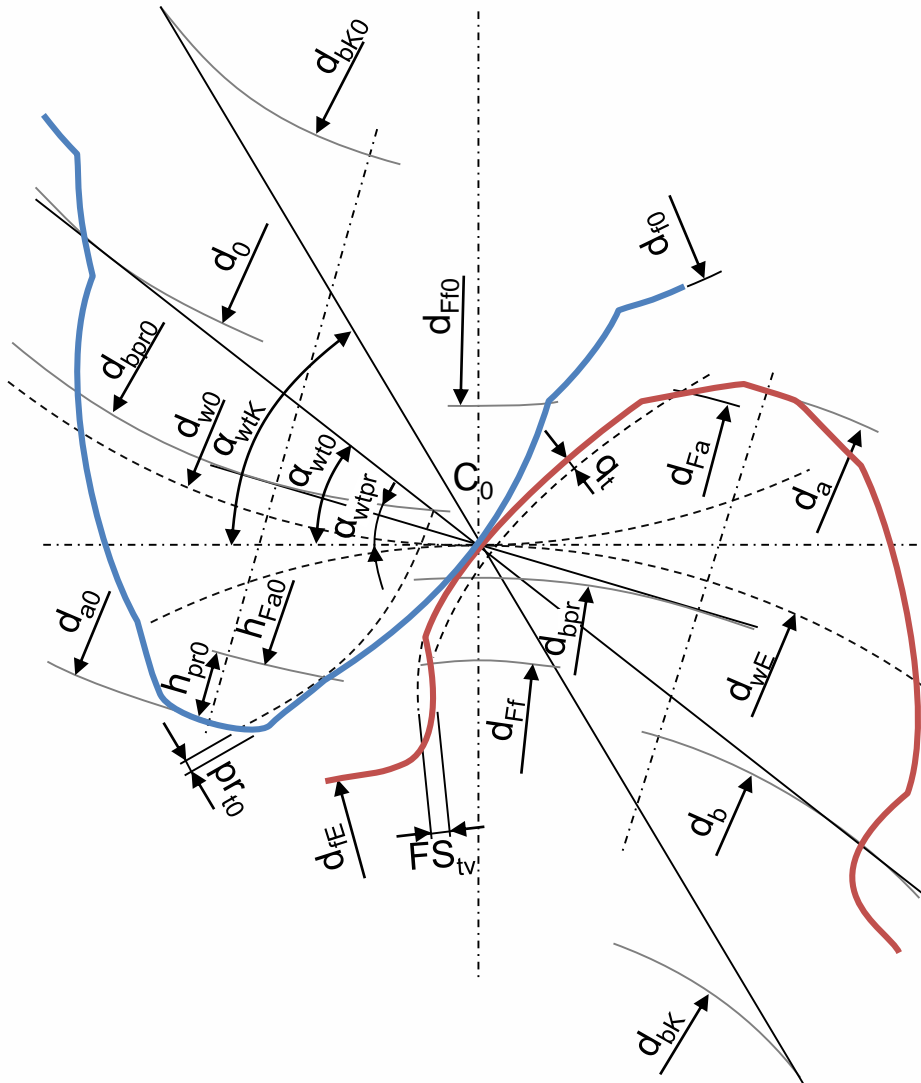
A seconda del materiale del pezzo e dei parametri di taglio, l'angolo di spoglia del fianco varia da 1 ° a 30 °. L'angolo di uscita della testa viene calcolato per generare il profilo nominale corretto anche con i coltelli riaffilati. L'angolo di spoglia del fianco e l'angolo spoglia determinano il diametro del passo del coltello.

Tipologie di correzione del profilo



Le correzioni del profilo sono deviazioni desiderate della forma del dente del coltello rispetto alla forma teorica ad evolvente con lo scopo di generare modifiche relative dei denti del pezzo. Queste correzioni sono necessarie per le successive operazioni di finitura o per migliorare il comportamento di marcia delle trasmissioni.

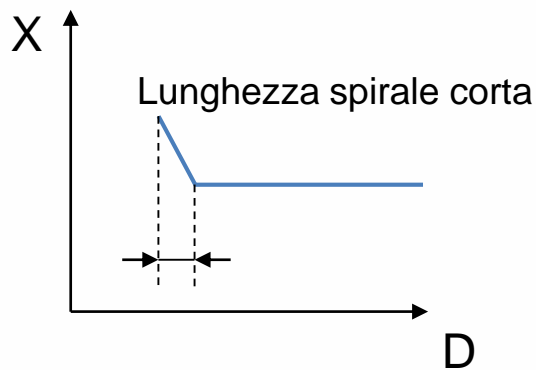
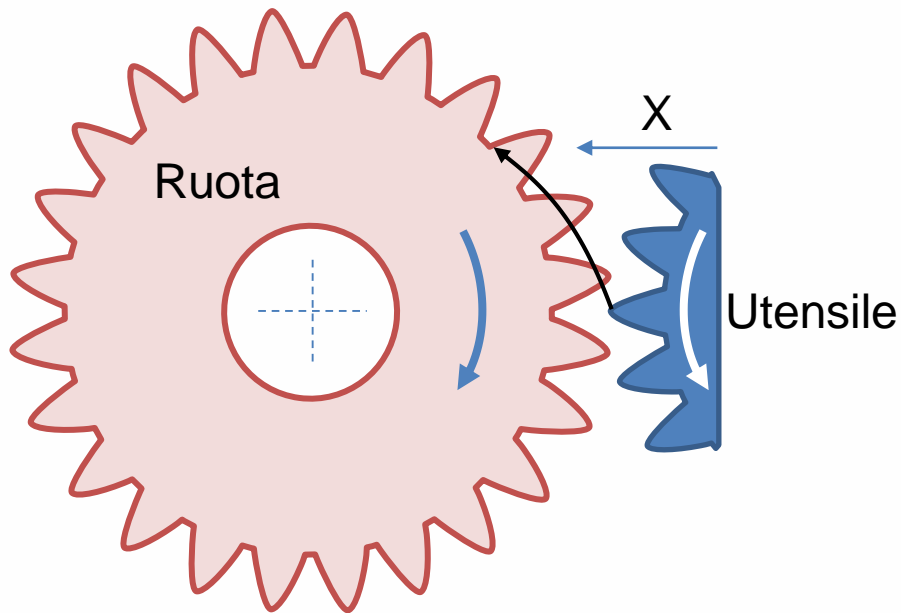
Formatura con protuberanza e semitopping



- d_{a0} Outside diameter of shaper cutter
- d_{bpr0} Base diameter of protuberance
- d_{b0} Base diameter of shaper cutter
- d_{w0} Pitch diameter of shaper cutter
- d_{Ff0} Start of active profile of shaper cutter
- d_{Fa0} End of active profile of shaper cutter
- h_{pr0} Amount of protuberance on shaper cutter
- α_{wt0} Operating pressure angle
- α_{wtpr} Operating pressure angle of the protuberance

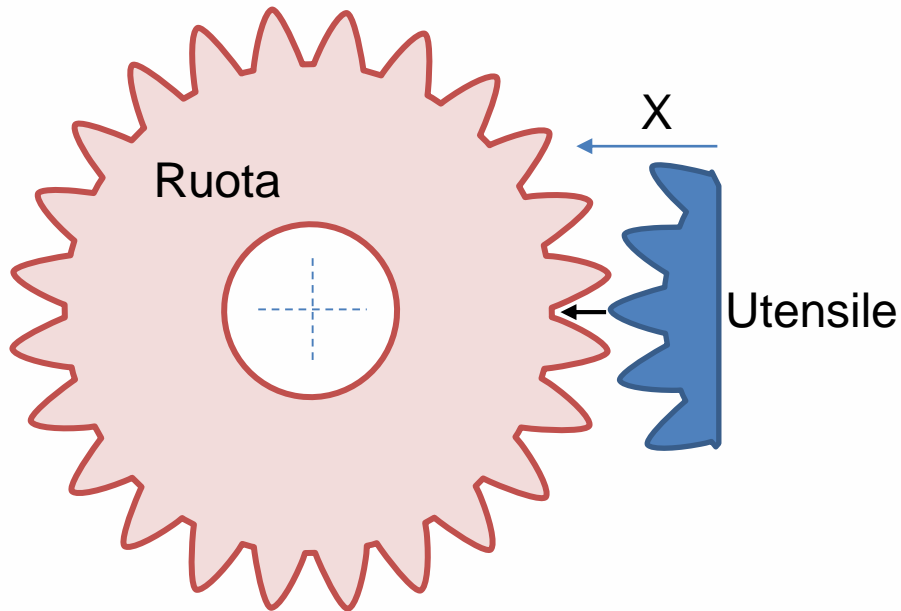
- pr_{t0} Amount of protuberance
- C_0 Pitch point
- d_{fE} Generated root diameter
- FS_{tv} Undercut in tangential direction
- d_{Ff} Usable root diameter of gear
- d_{bpr} Virtual circle diameter
- q_t Stock allowance in tangential direction
- d_{Fa} End of active profile of gear
- d_a Outside diameter of gear
- d_{wE} Pitch diameter on pitch cylinder
- d_b Base diameter of gear

Movimento di avanzamento a spirale

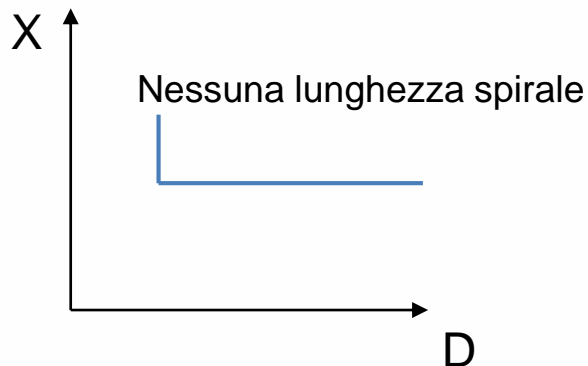


Con l'immersione con metodo di generazione (processo tradizionale), il coltello viene alimentato radialmente alla profondità di avanzamento desiderata con rotolamento simultaneo dell'utensile e del pezzo. A seconda della scelta dei valori di avanzamento del rotolamento e di avanzamento radiale, viene generato un movimento radiale a forma di spirale con un angolo di avanzamento generalmente inferiore a 90° . Una caratteristica del metodo di avanzamento elicoidale è l'angolo di avanzamento che è sempre inferiore a 360° . Il coltello viene alimentato durante la generazione alla prima profondità di alimentazione. Successivamente, il pezzo esegue una rotazione completa.

Movimento di avanzamento senza spirale

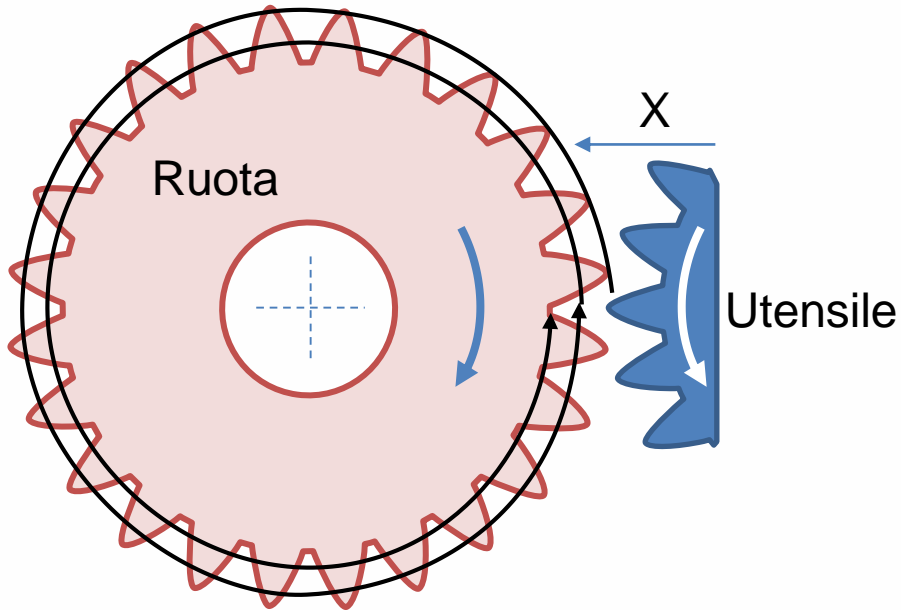


Il metodo di immersione senza generazione è caratterizzato dal movimento di avanzamento radiale del coltello alla profondità di avanzamento desiderata che è **senza** rotazione dell'utensile e del pezzo. Solo una volta raggiunta la profondità di avanzamento richiesta, inizia il movimento di rotolamento.

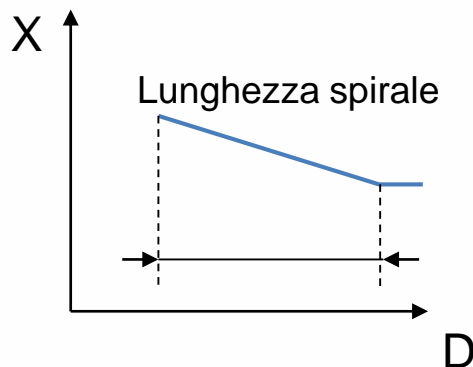


Il metodo di immersione senza generazione può essere utilizzata per qualsiasi profondità di avanzamento. Il coltello viene alimentato alla prima profondità di avanzamento. Successivamente, il pezzo esegue una rotazione completa.

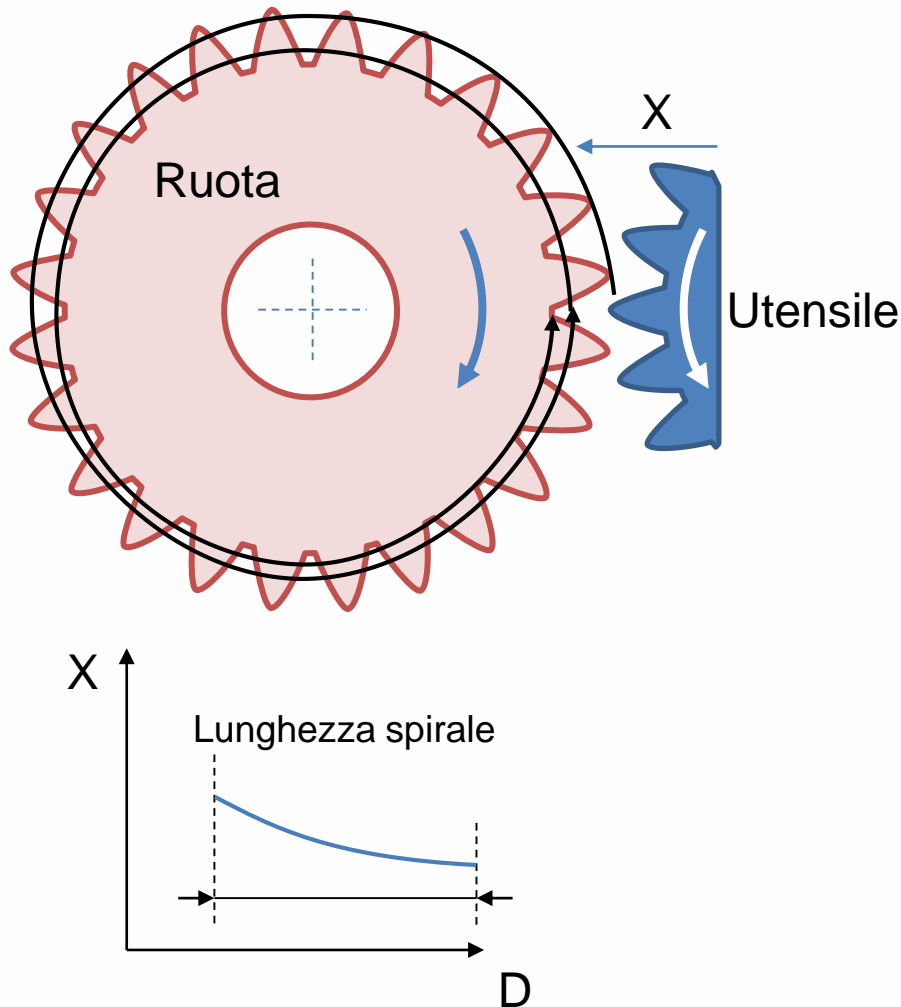
Movimento di avanzamento - Metodo ad elica con avanzamento radiale costante



Con il metodo elicoidale con avanzamento radiale costante, l'utensile viene alimentato radialmente in modo continuo e uniforme durante diverse rotazioni del pezzo. La grande lunghezza della spirale desiderata produce la combinazione richiesta di avanzamenti in base ai parametri di taglio.



Movimento di avanzamento – Metodo a spirale con avanzamento radiale decrescente



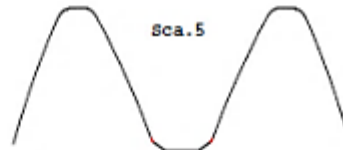
Per il metodo a spirale con avanzamento radiale decrescente, vi è una riduzione continua dell'alimentazione radiale a seconda del percorso di avanzamento. Contrariamente al metodo elicoidale con avanzamento radiale costante, viene prodotta una breve lunghezza a spirale che può in ogni caso essere allungata su più rotazioni del pezzo. La lunghezza della spirale desiderata produce la combinazione richiesta di avanzamenti in base ai parametri di taglio.

Disegno di un coltello

* CARATTERISTICHE ING... - DIS. 1432702026 *

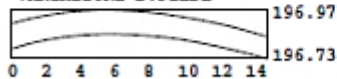
Numero denti 75
 Diametro interno 185.50
 Diametro esterno 196.88
 Diametro primitivo 187.50
 Diametro di base 176.192
 Diametro attivo richiesto . 195.778
 Vano primitivo normale 5.061 ±0.012
 Quota / 2 rulli 185.54 ±0.03
 Diametro rulli 4.00

INGRANAGGIO
INTERNO

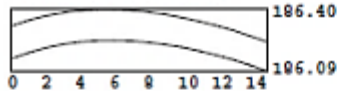


LE CURVE SOTTO SONO TRACCIATE
 a) CON TOLL. SPESORE INGR.
 b) CON TOLL. SUL DENTE DEL FW.

VARIAZIONE D. PIEDE



VARIAZIONE D. SMUSSO



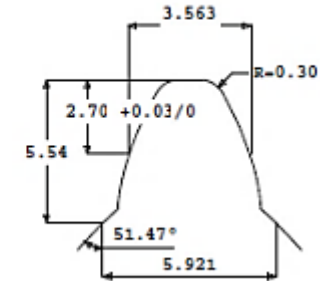
TOLLERANZE : DIN classe AA

INCISIONE

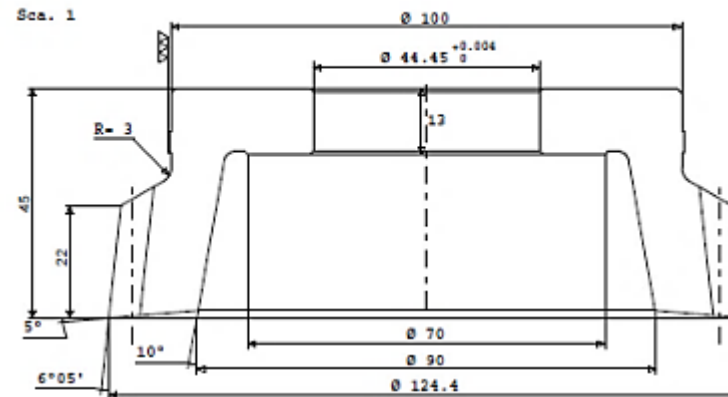
M.2.5 A.P.20° Z 46
 DIS.U10100181 S390

* CARATTERISTICHE FW. * DIRITTO *

Modulo normale 2.50
 Angolo di pressione 20.00°
 Numero denti 46
 Diametro primitivo 115.00
 Angolo di spoglia sul prim. 2.50°
 Diam.base corretto 107.91
 Quota su 7 denti 50.679
 Spessore primitivo 5.093
 Add.per spessore 1/2 passo 3.099



Sca. 1



Valori in mm

MATERIALE : GA-S390

RICOPERTURA : ALCRN

FW.DIRITTO * SEMI.TOPPING

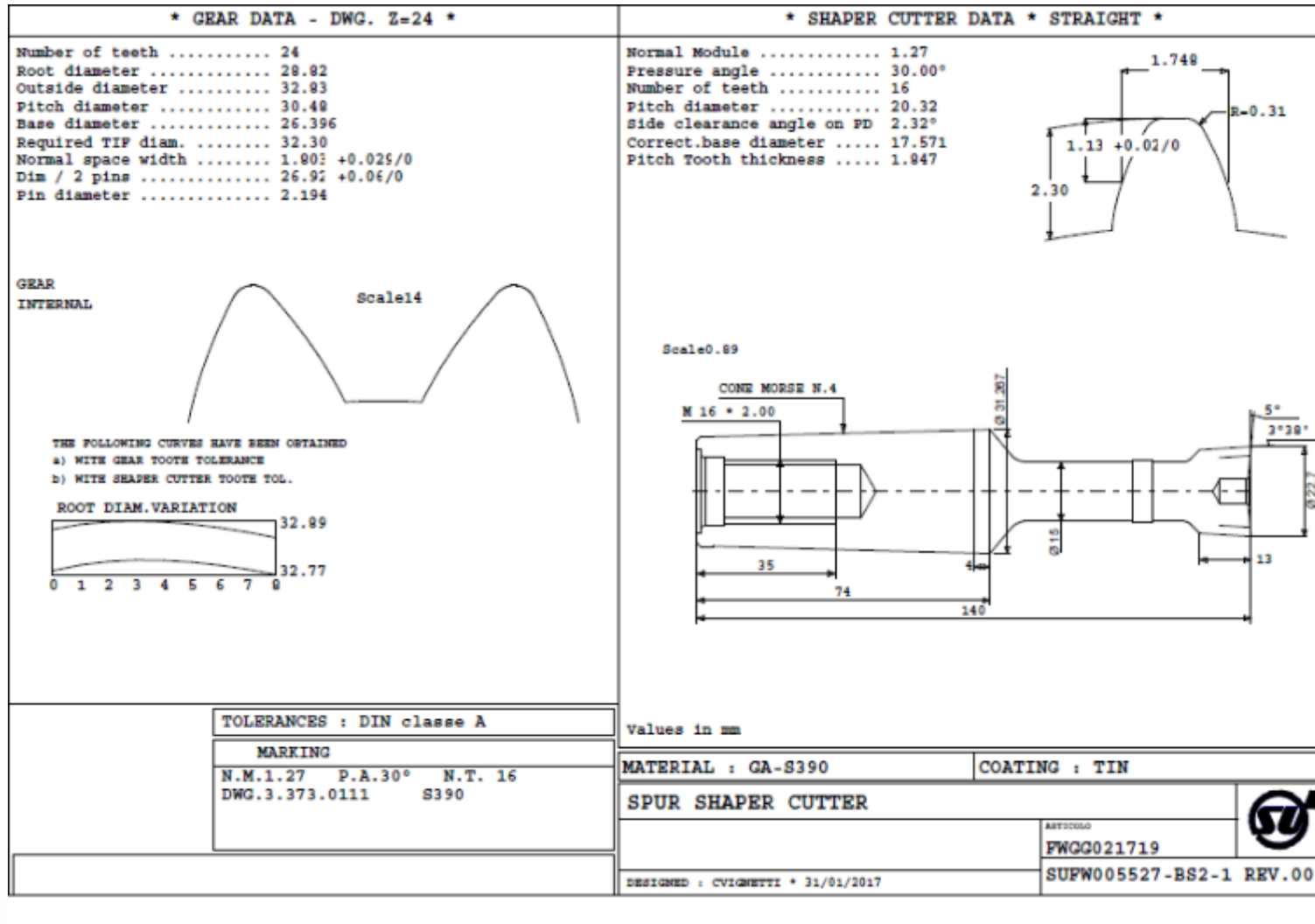
ARTICOLO
FWEG023138



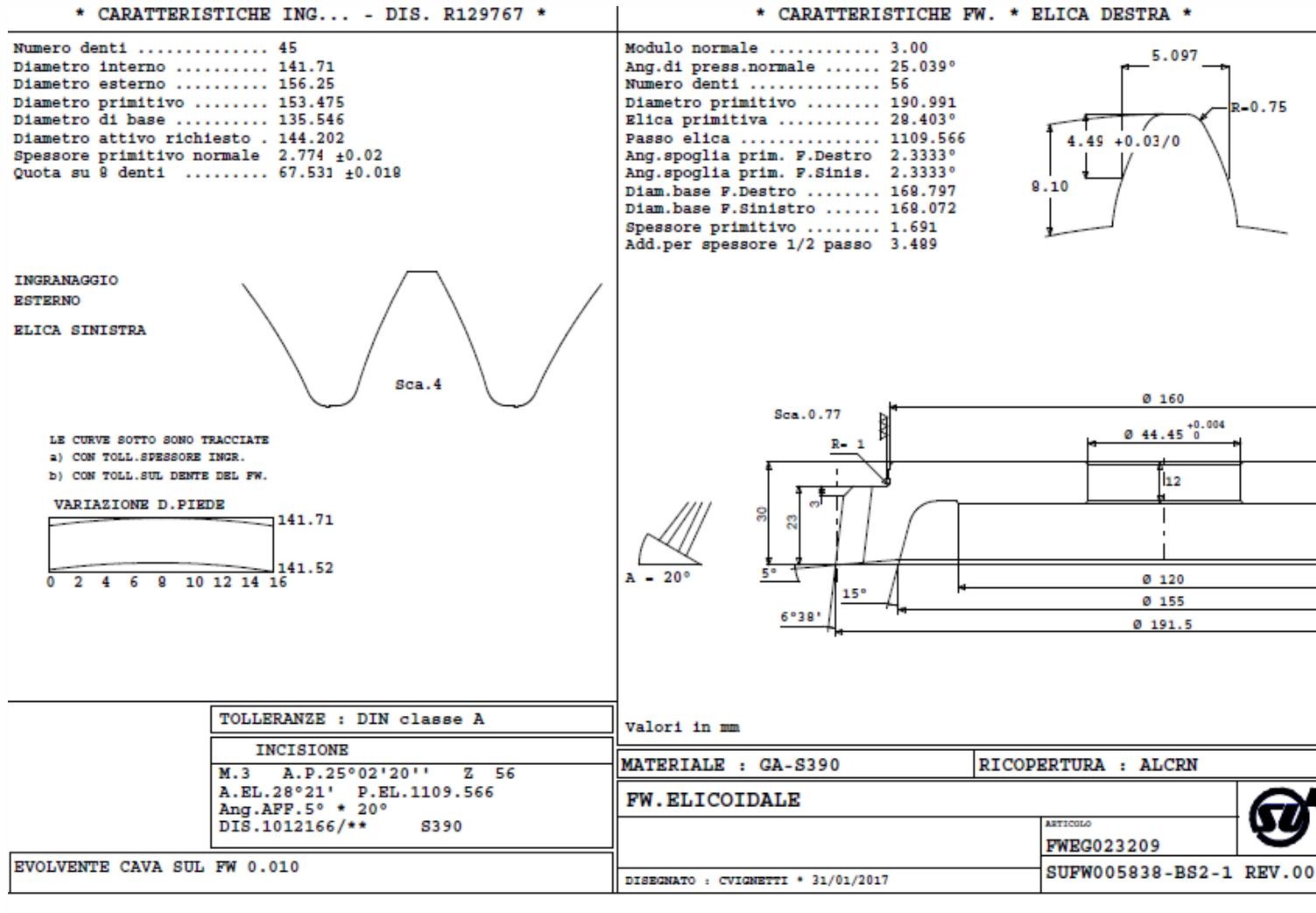
DISIGNATO : CVIGNETTI * 31/01/2017

SUPW005828-BS2-1 REV.00

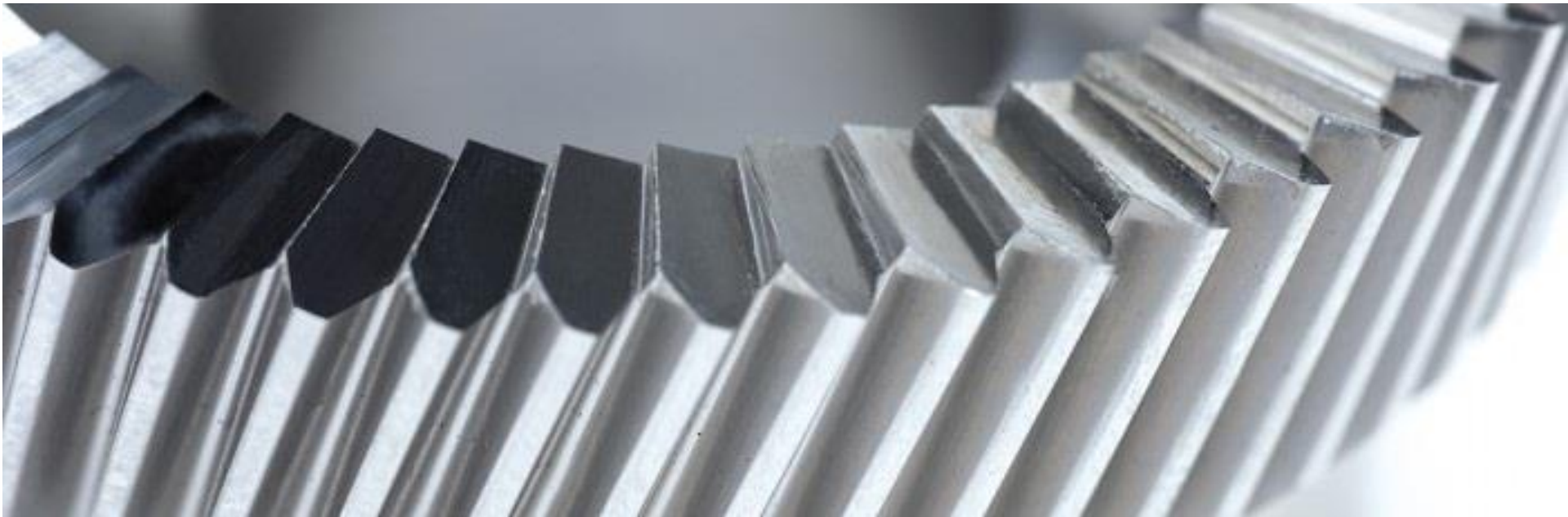
Disegno di un coltello



Disegno di un coltello



Training Scudding



Scudding

Scudding® Panoramica

Caratteristiche del processo

- Processo di taglio continuo
- Velocità di taglio in accordo con l'angolo di intersezione
- Materiali utensili: PM-HSS, carbide, MC90
- Velocità di taglio $v_c = 40 - 300$ m/min

Possibili applicazioni

- Dentature interne ed esterne
- Moduli $m_n = 0,5 - 5$ mm
- Diametro die pezzi $d_a = 1 - 300$ mm
- Altezza di dentatura $b = 1 - 50$ mm



- Bassa limitazione dovuta all'interferenza dei contorni
- Alta produttività rispetto ai coltelli
- Più economico della brocciatura



- Alte forze di lavoro
- Alto sviluppo in corso

Fonte: WZL of RWTH Aachen University



Scudding® con macchina Profilator

Profilator S-500



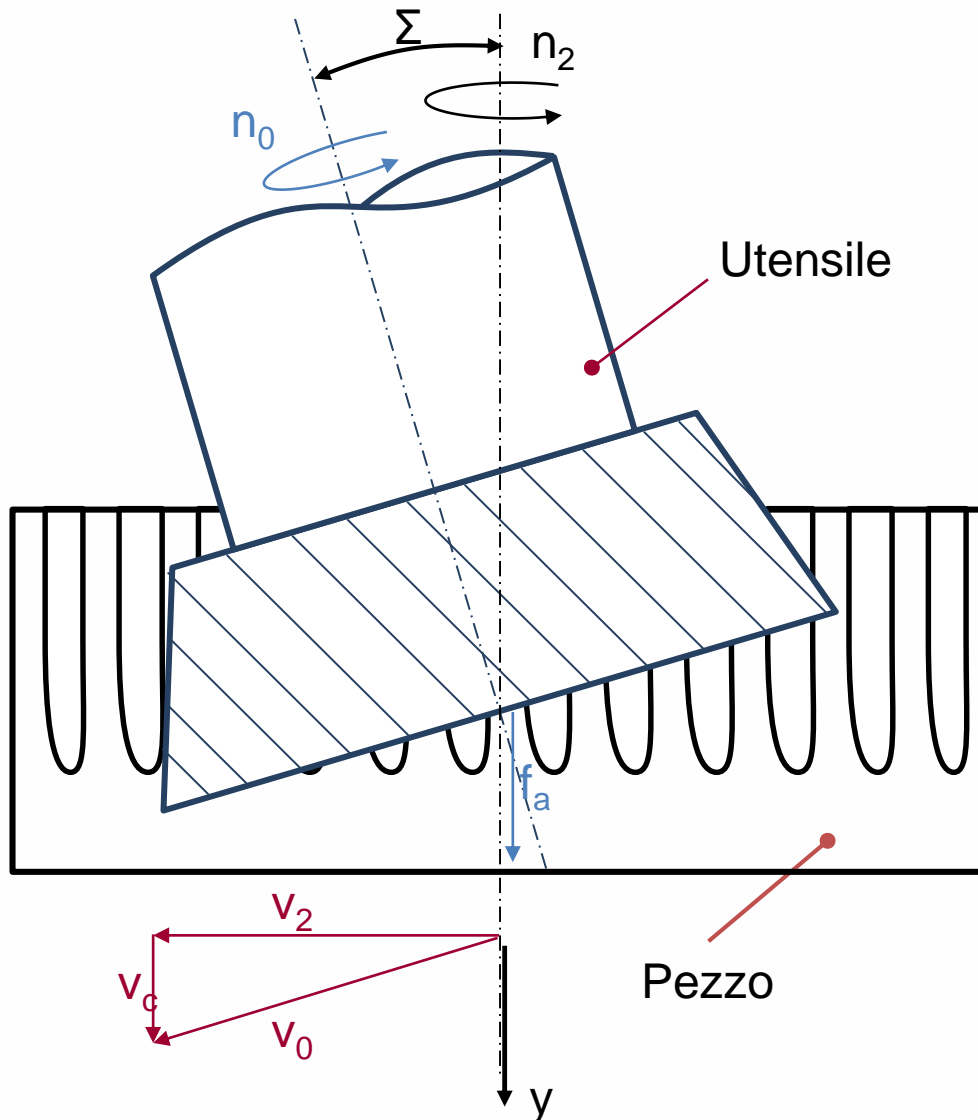
Fonte: Profilator

Scudding® Cinematica



Fonte: WZL of RWTH Aachen University

Scudding® Velocità di taglio



- v_c : Velocità di taglio
- v_0 : Velocità periferica utensile
- v_2 : Velocità periferica pezzo
- f_a : Avanzamento assiale
- β_0 : Angolo elica utensile
- β_2 : Angolo elica pezzo
- Σ : Angolo di intersezione
- n_0 : rpm utensile
- n_2 : rpm pezzo

Calcolo velocità di taglio

$$\Sigma = \beta_0 \pm \beta_2$$

$$v_c = v_0 \cdot \sin \beta_0 + v_2 \cdot \sin \beta_2$$

Utensili Scudding®

Utensile Scudding® a disco



Utensile Scudding® wafer



Materiali coltelli

- PM HSS
- Super Alloy HSS
- Carbide
- MC90

Utensile Scudding® a gambo



Possibili applicazione

Applicazioni

Dentature interne ed esterne e profili scanalati da Modulo 0.5 a 5.0

Massimo Diametro 350 mm

Minimo Diametro 30 mm

Per interni: rapporto Diametro lunghezza 2 a 1

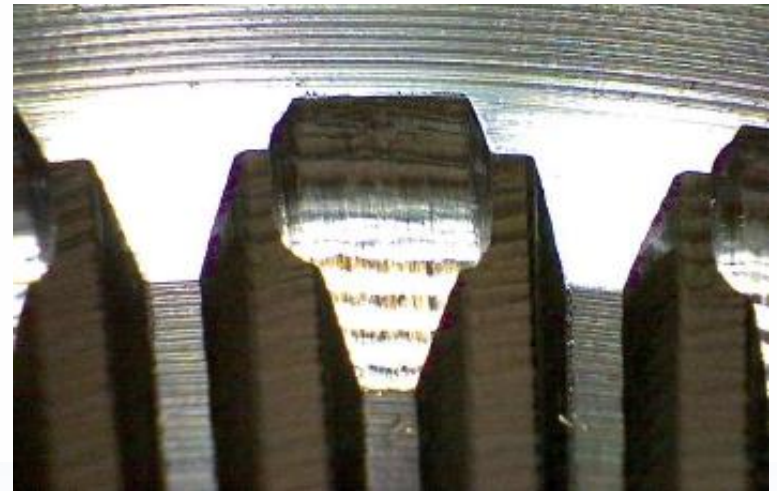
Limite sulle forme non ad evolvente



Possibili applicazione

Applicazioni

Dentature interne ed esterne e profili scanalati da Modulo 0.5 a 5.0
Massimo Diametro 350 mm
Minimo Diametro 30 mm
Per interni: rapporto Diametro lunghezza 2 a 1
Limite sulle forme non ad evolvente



Processo Scudding



Utensile Wafer Scudding®

20 Sec.



Utensile Scudding® a disco

15 Sec.

Calcolo ciclo Scudding

Scudding Calculator

| Customer | Part Number | Date |
|----------------|-------------|------------|
| | 123 | 25/07/2016 |
| Comment | | |

| Tool Data | | Gear Data | | Process Parameters | | |
|------------------|--------------|------------------|-----------|--------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Tool No | 18532.0003-5 | Tensile Strength | 800 Mpa | No of Paths | 11 (max 15) | Inclination angle |
| Cutting Material | S390 | Type | internal | Path Number | Cutting Speed [m/min] | Cuts per tooth |
| Coating | AICr(N) | Number of Teeth | 69 | 1 | 97,42 | 0,4 |
| Module | 3,25 mm | Helix Angle | 0 ° | 2 | 97,42 | 0,4 |
| Number of Teeth | 23 | Helix Direction | straight | 3 | 97,42 | 0,4 |
| Helix Angle | 20 ° | Tip Diameter | 221,5 mm | 4 | 97,42 | 0,4 |
| Helix Direction | left | Root Diameter | 235,36 mm | 5 | 97,42 | 0,4 |
| Tip Diameter | 85,2 mm | Face Width | 40 mm | 6 | 97,42 | 0,4 |
| Face Width | 16 mm | | | 7 | 97,42 | 0,4 |
| Tool Life | 8 m/tooth | | | 8 | 97,42 | 0,4 |
| Amount resharpen | 0,3 mm | | | 9 | 97,42 | 0,4 |
| | | | | 10 | 97,42 | 0,25 |
| | | | | 11 | 97,42 | 0,13 |
| | | | | | Full cutting depth | 6,93 |
| | | | | | Theoretically required tooth height | 6,93 |

Scudding Calculation

| Customer | Part Number | Date |
|----------------|-------------|------------|
| 0 | 123 | 25/07/2016 |
| Comment | | |

| Tool | | Part | |
|------------------|--------------|------------------|-----------|
| Tool No | 18532.0003-5 | Tensile Strength | 800 Mpa |
| Cutting Material | S390 | Type | internal |
| Coating | AICr(N) | Number of Teeth | 69 |
| Module | 3,25 mm | Helix Angle | 0 ° |
| Number of Teeth | 23 | Helix Direction | straight |
| Helix Angle | 20 ° | Tip Diameter | 221,5 mm |
| Helix Direction | left | Root Diameter | 235,36 mm |
| Tip Diameter | 85,2 mm | Face Width | 40 mm |
| Face Width | 16 mm | | |
| Tool Life | 8 m/tooth | | |
| Amount resharpen | 0,3 mm | | |

| Process | | | | | |
|-------------|---------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| | | | | | No of Paths |
| Path Number | Spindel RPM [1/min] | Cutting Speed [m/min] | Axial Feed [mm] | Cutting Depth [mm] | Chip Thickness [µm] |
| 1 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 1,9 | 391,42 |
| 2 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 1,15 | 377,80 |
| 3 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,8 | 357,77 |
| 4 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,6 | 332,82 |
| 5 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,6 | 332,82 |
| 6 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,45 | 298,96 |
| 7 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,4 | 282,84 |
| 8 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,35 | 263,40 |
| 9 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,3 | 240,00 |
| 10 | 1064,16 | 97,42 | 0,4 | 0,25 | 212,00 |
| 11 | 1064,16 | 97,42 | 0,25 | 0,13 | 115,34 |

Total Time [Sec]: **245,42**
Total Time [min]: **4,09**

| | |
|---------------------|---------------|
| Inclination Angle | 20,00 ° |
| max. Spindle Speed | 1064,16 1/min |
| max. Table Speed | 354,72 1/min |
| Resharpenings | 43 |
| Parts per Resharpen | 66 |
| Parts per Tool | 2838 |

Calcolo di

- Tempo ciclo
- Max. Spessore truciolo
- Vita utensili
- Velocità mandrino

Training Smussatura e sbavatura



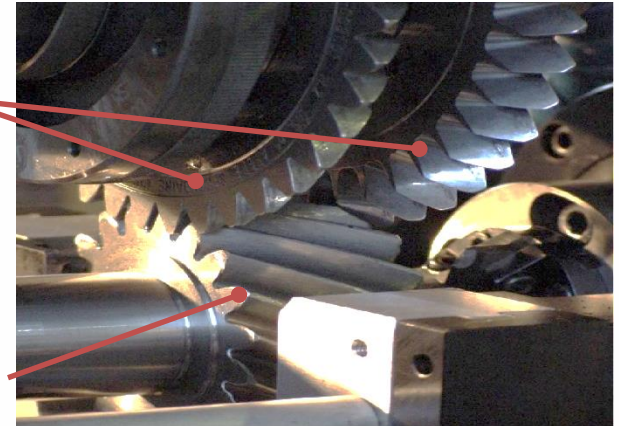


Introduzione alla smussatura

Smussatura significa che uno smusso viene tagliato tra la faccia della dentatura e il piano verticale per:

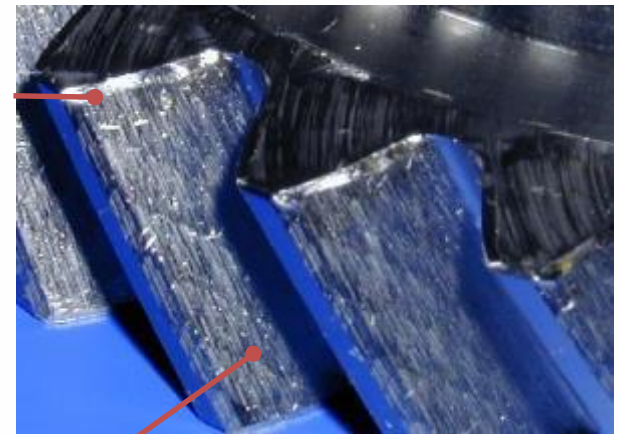
- **Prevenire rotture**
Una carburazione eccessiva lungo i bordi dei denti spesso porta a rotture sotto carichi di lavoro pesanti
- **Prevenire danni a ingranaggi e cuscinetti**
Le bave possono staccarsi durante il lavoro e causare danni a ingranaggi e cuscinetti.
- **Prevenire la scarsa vita degli utensile di finitura**
Le bave indurite portano ad una prematura usura dell'utensile di finitura.
Accumulo di materiale lungo il profilo deve essere appiattito da una operazione di rullatura.
- **Prevenire lesioni**

Utensile



Pezzo

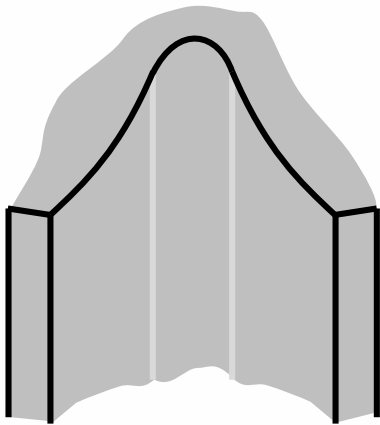
Smusso



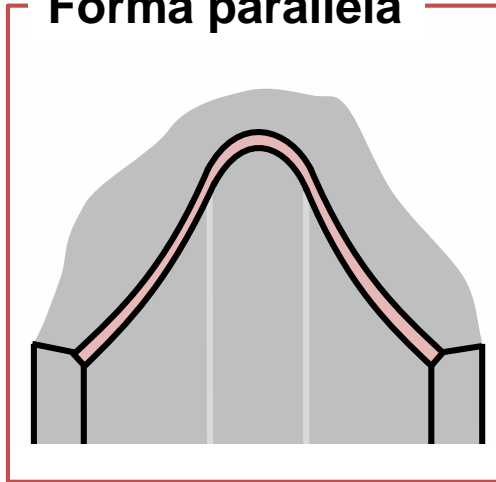
Pezzo

Tipi di smussatori

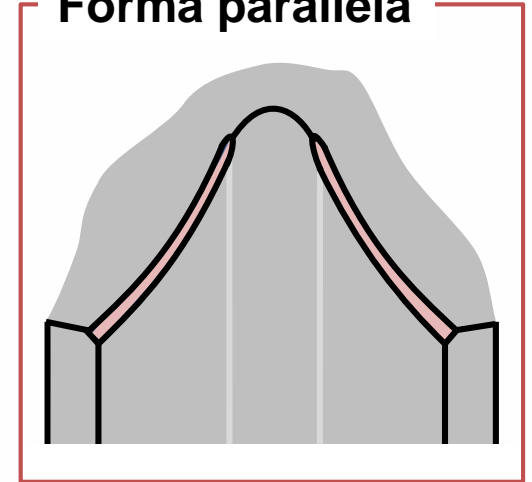
Dentatura senza
smusso



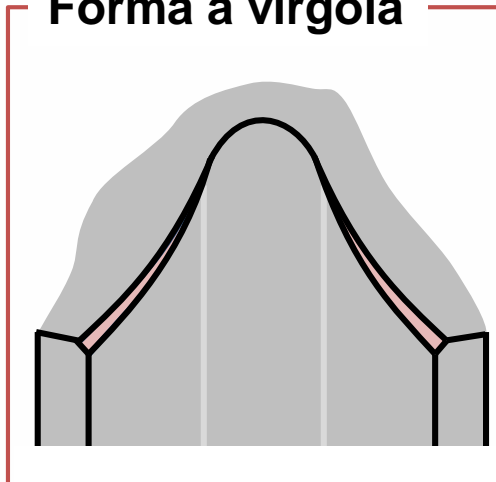
Forma parallela



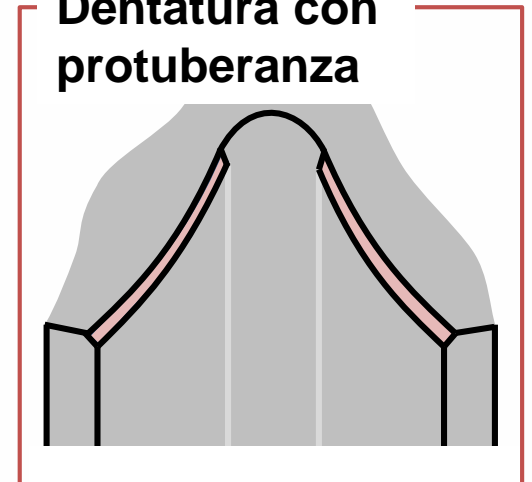
Forma parallela



Forma a virgola



**Dentatura con
protuberanza**

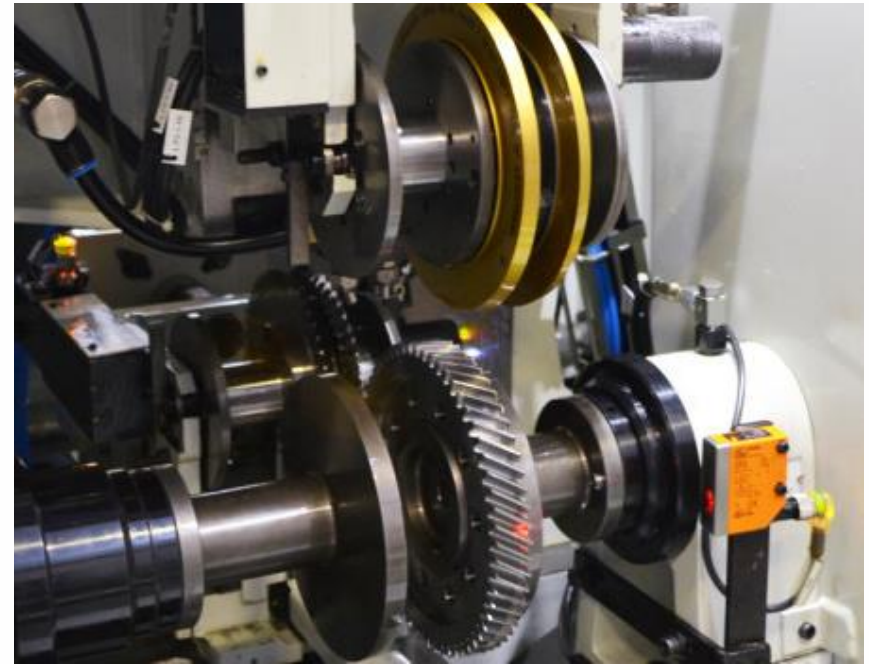


Tipi di smussatori



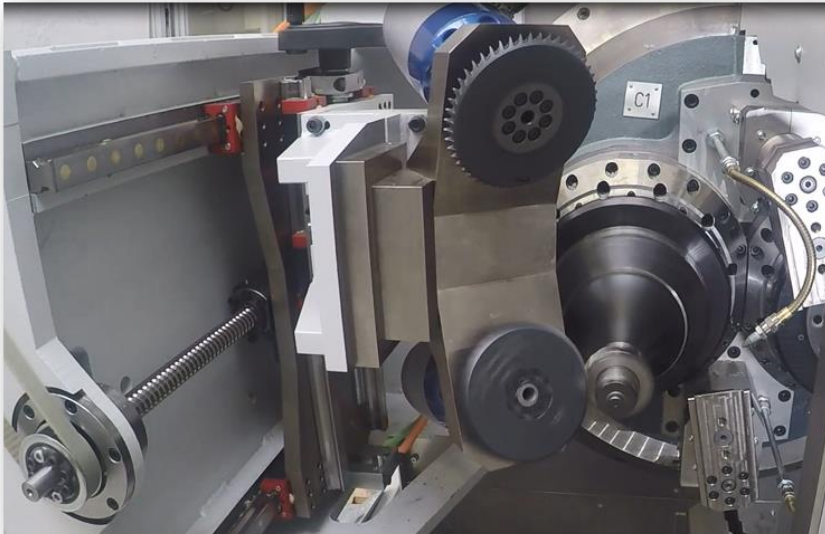
Macchina con utensile smussatore tipo fresa
Tecnologia Chamfer Cut

Tipi di smussatori



Tecnologia con smussatore montato su un asse parallelo al pezzo
Questa tecnologia è al centro del prodotto standard Samputensili attuale

Tipi di smussatori



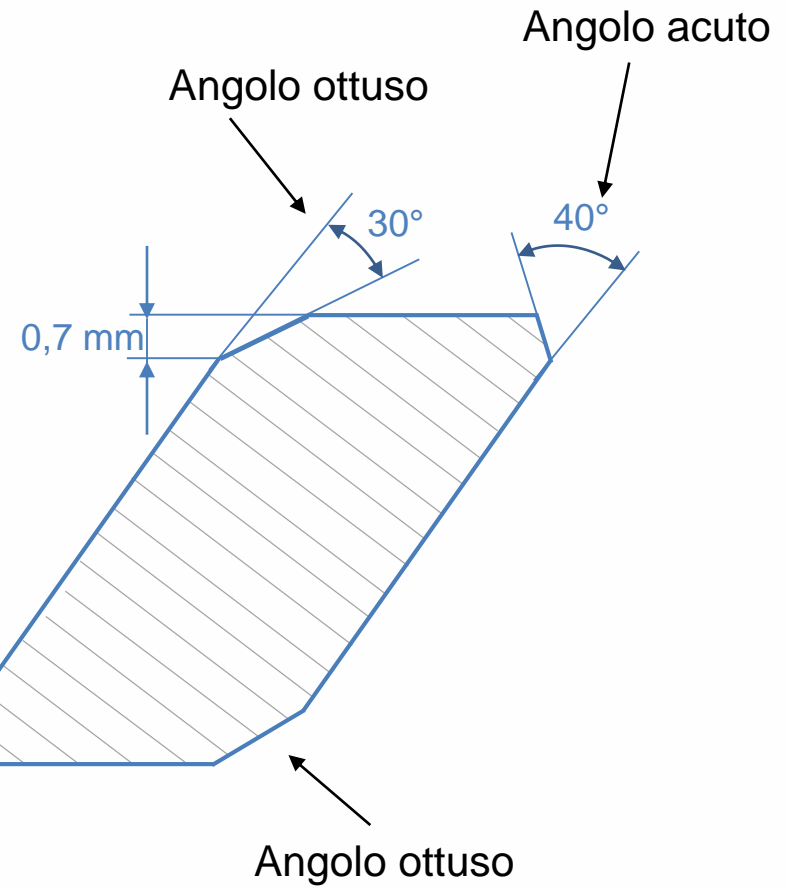
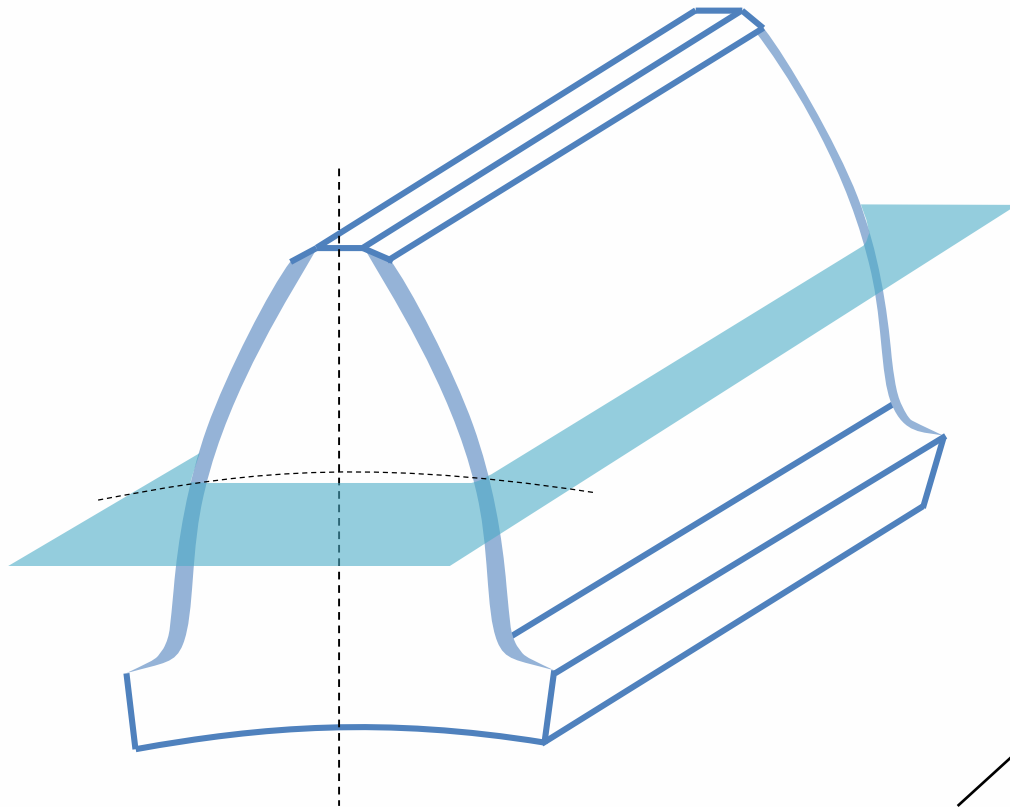
Tecnologia Chamfer Skiving



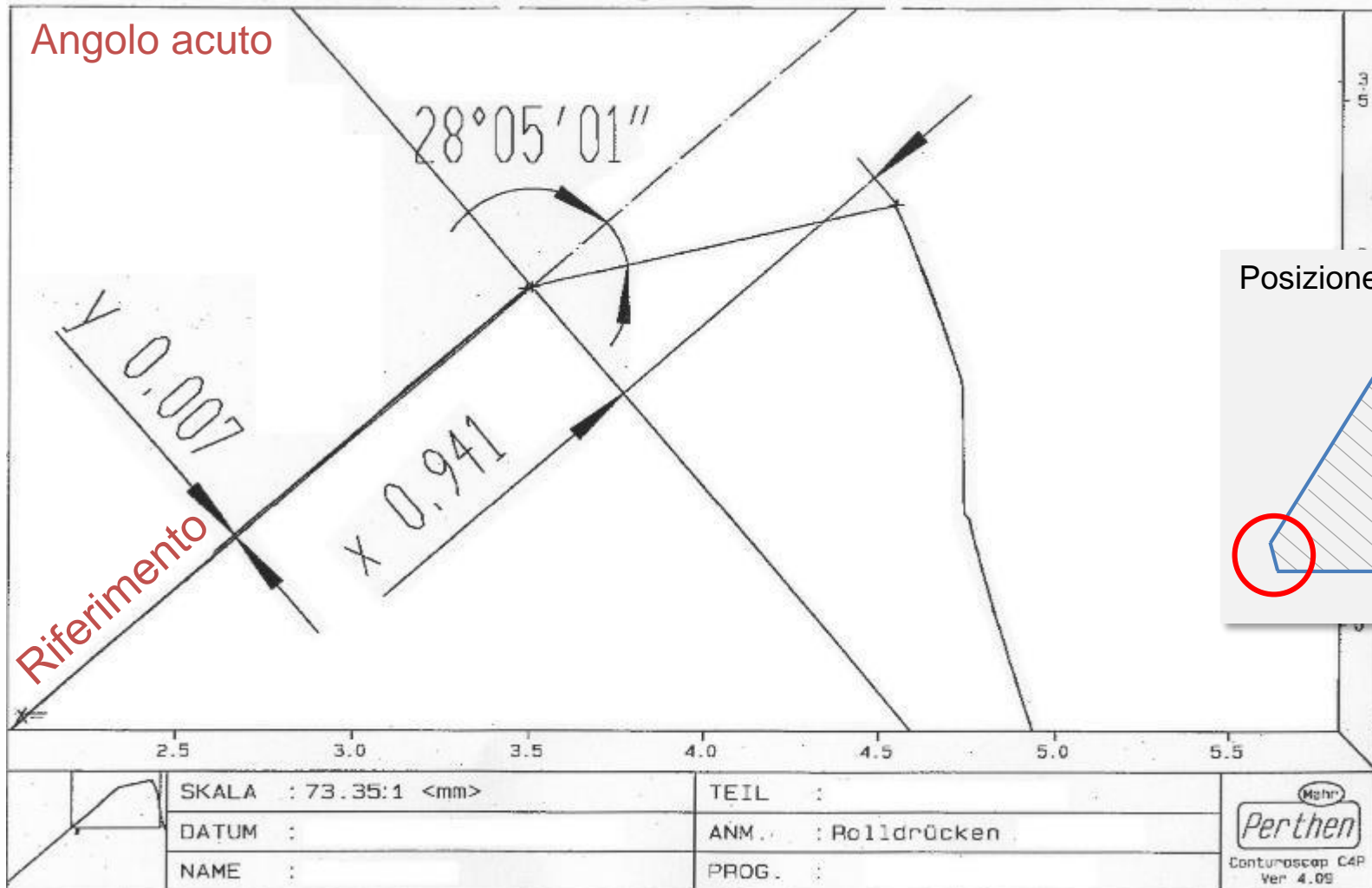
Tecnologia Chamfer Hob
Processo sviluppato da Samputensili
in collaborazione con FFG

Misurazione dello smusso (1/5)

I denti sono sezionati sul cerchio primitivo



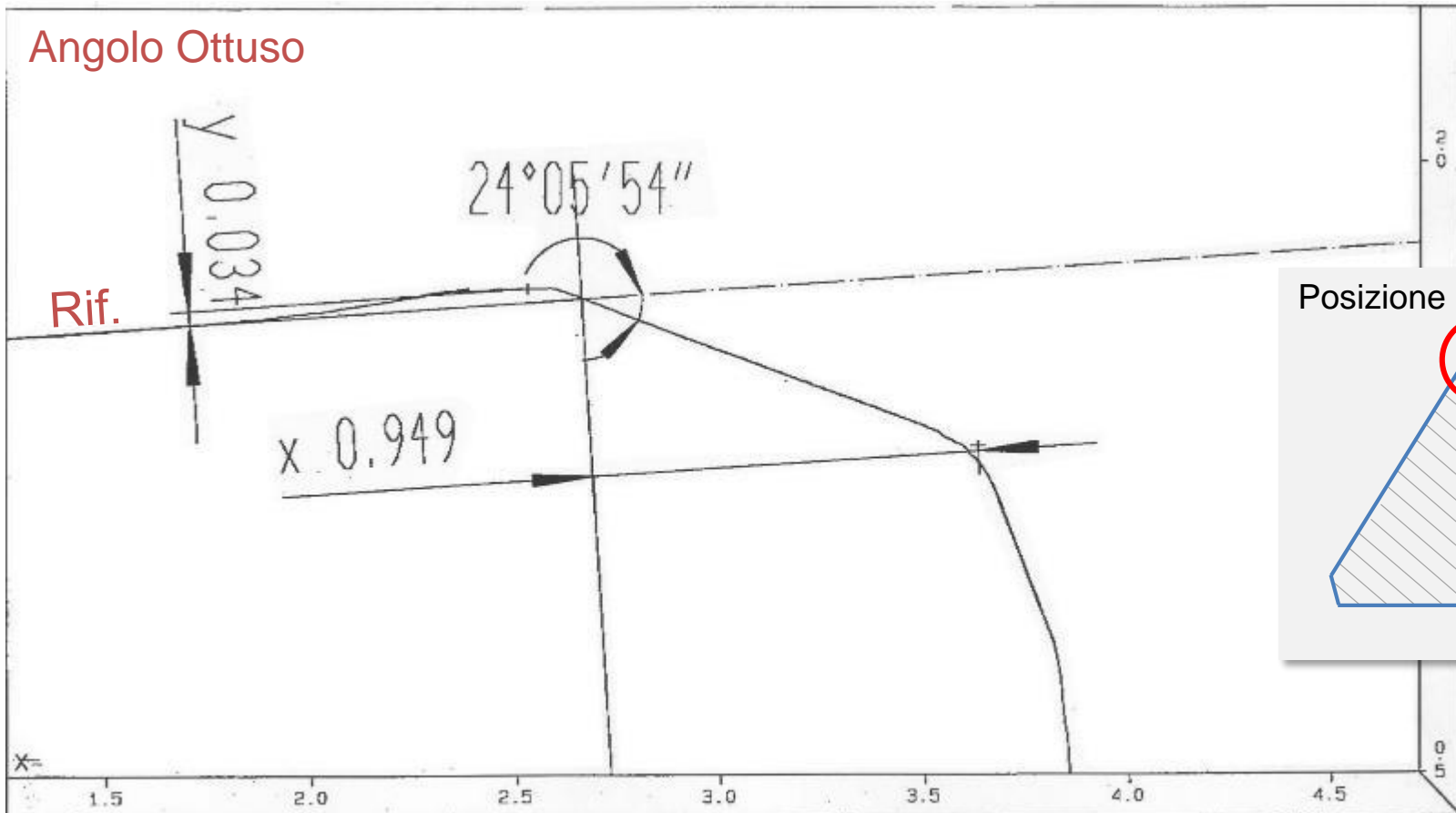
Misurazione dello smusso (2/5)



Misurazione dello smusso (3/5)

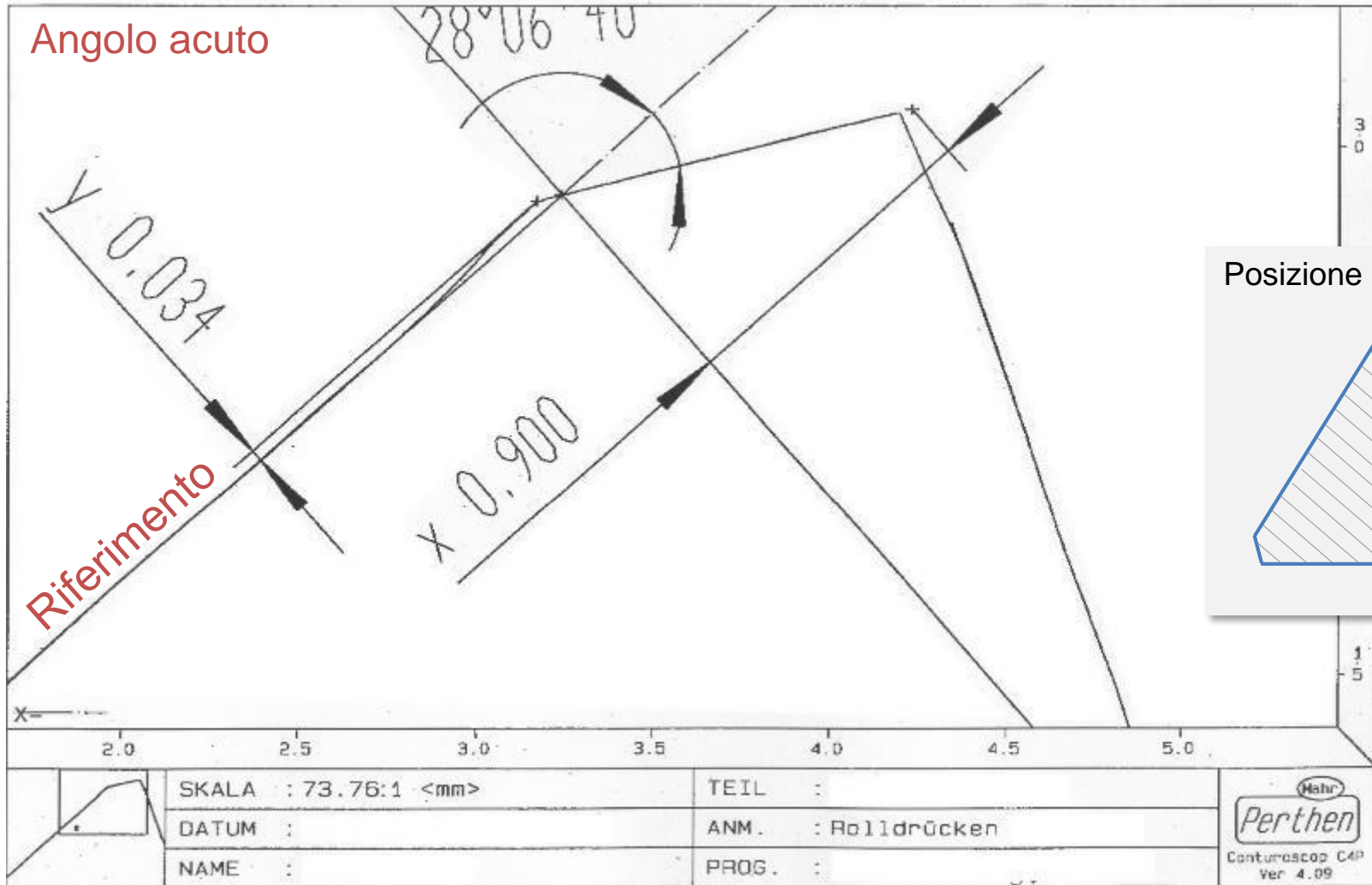


Angolo Ottuso



| | | |
|----------------------|--------------------|---|
| SKALA : 80.30:1 <mm> | TEIL : | Perthen Conturescop C4P- Ver 4.09 |
| DATUM : | ANM. : Rolldrücken | |
| NAME : | PROG. : | |

Misurazione dello smusso (4/5)



Misurazione dello smusso (5/5)



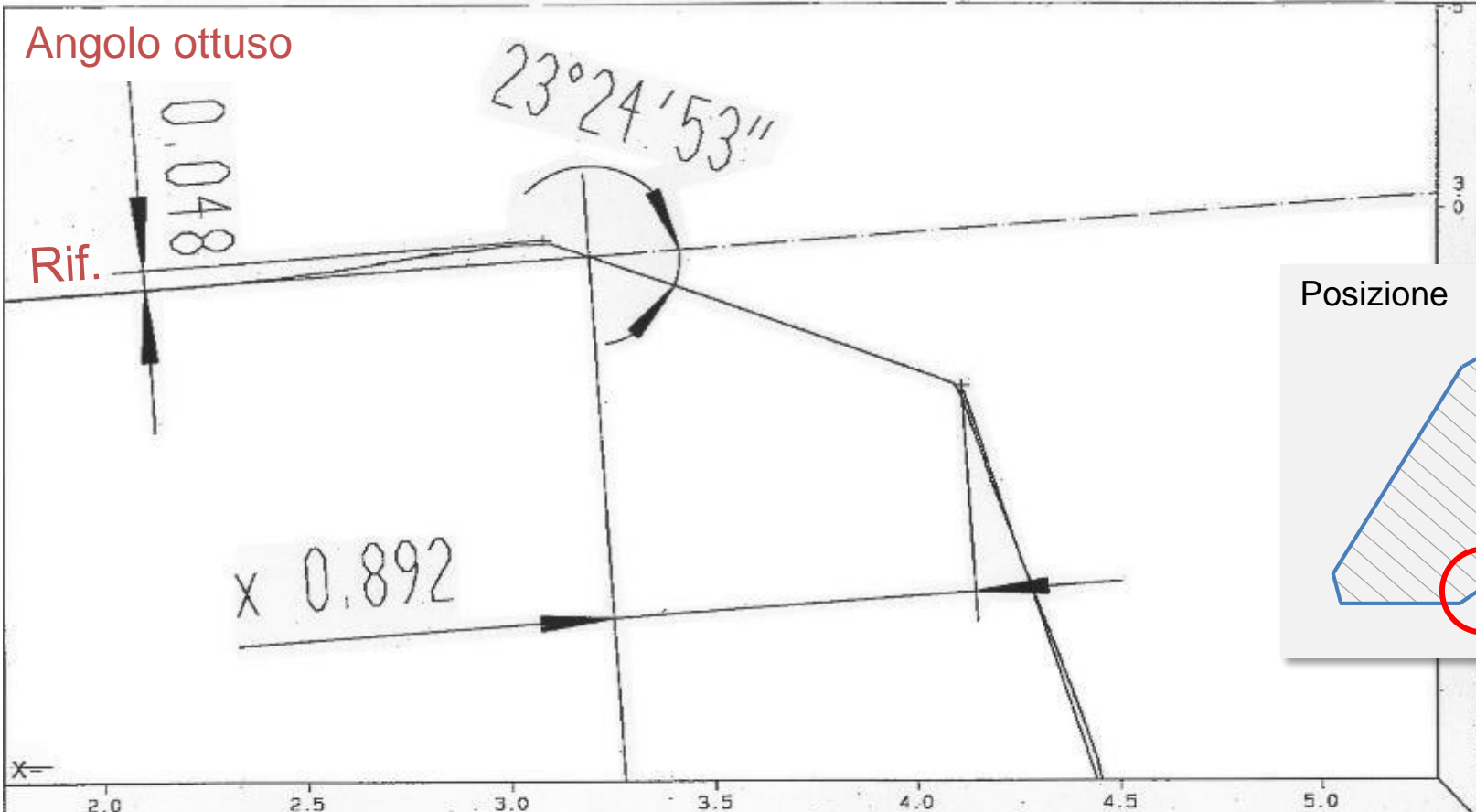
Angolo ottuso

23°24'53"

0.048

Rif.

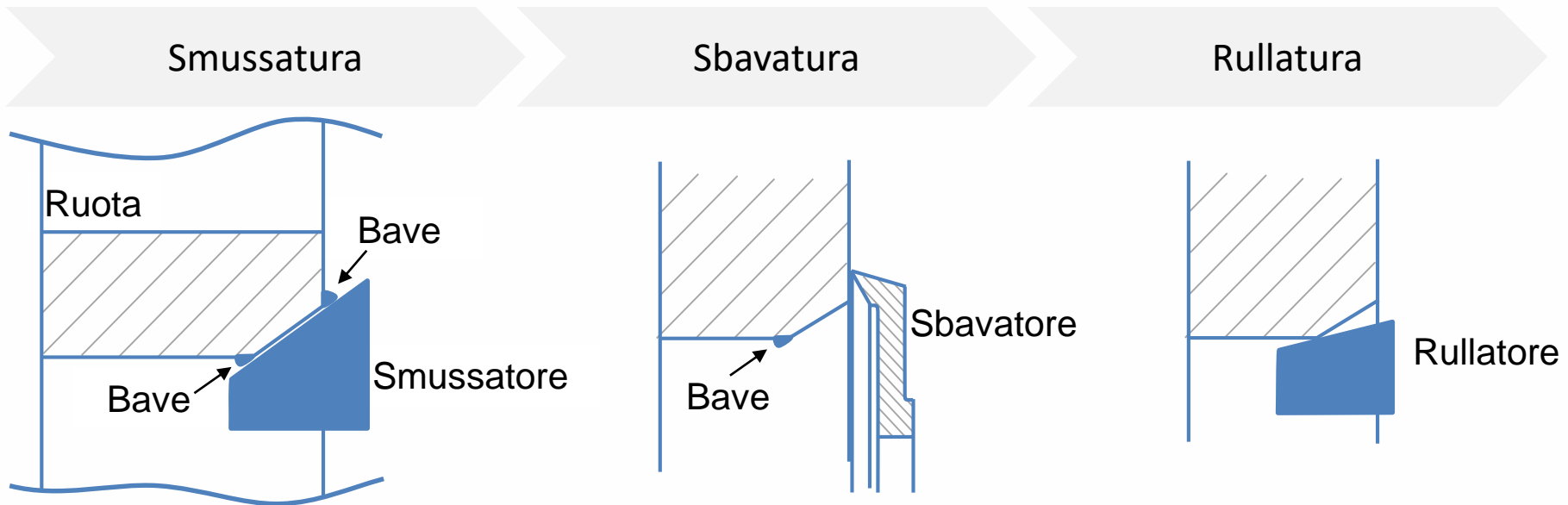
x 0.892



| | | |
|----------------------|--------------------|---------------------------------|
| SKALA : 78.64:1 <mm> | TEIL : : | Conturascap C4P Ver 4.09 |
| DATUM | ANM. : Rolldrücken | |
| NAME : | PROG. : | |



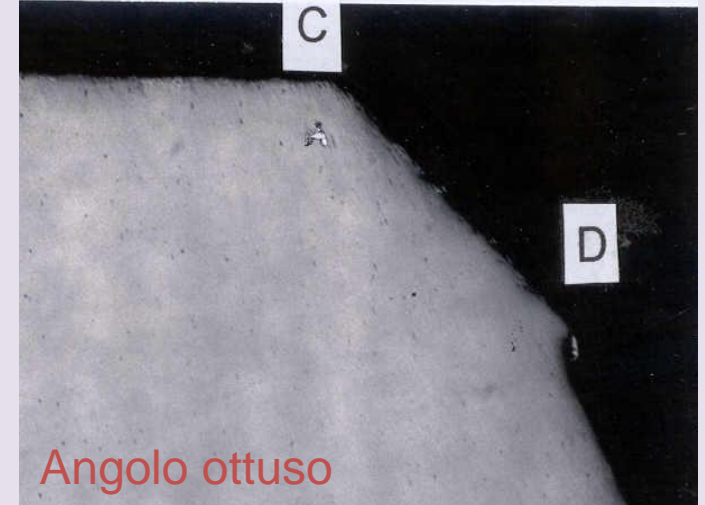
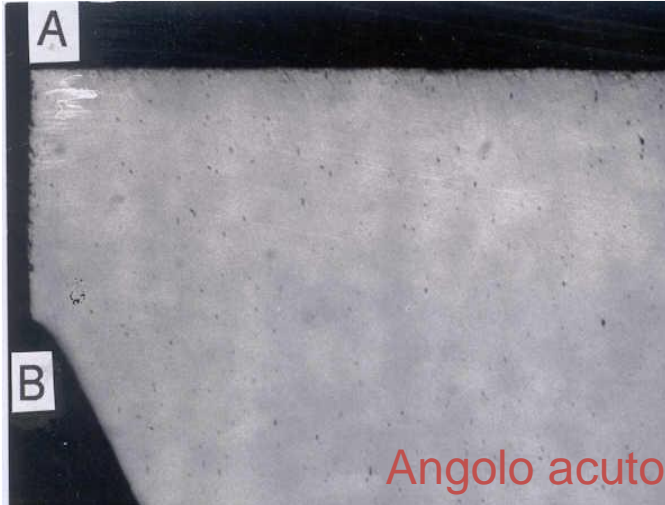
Fianchi smussati e sbavati



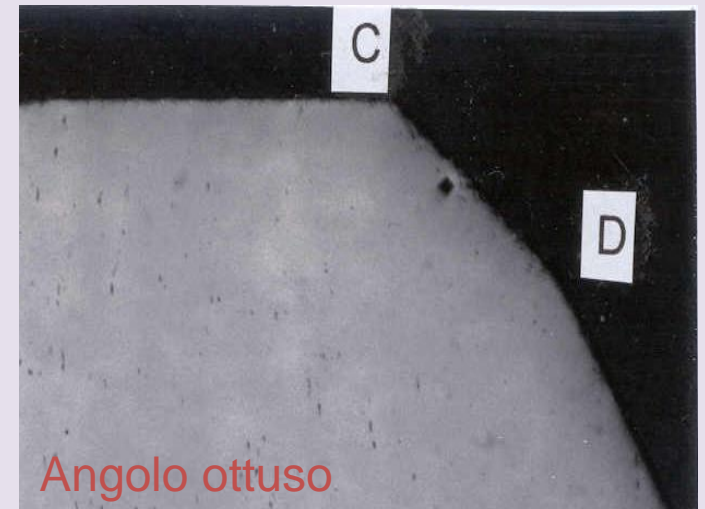
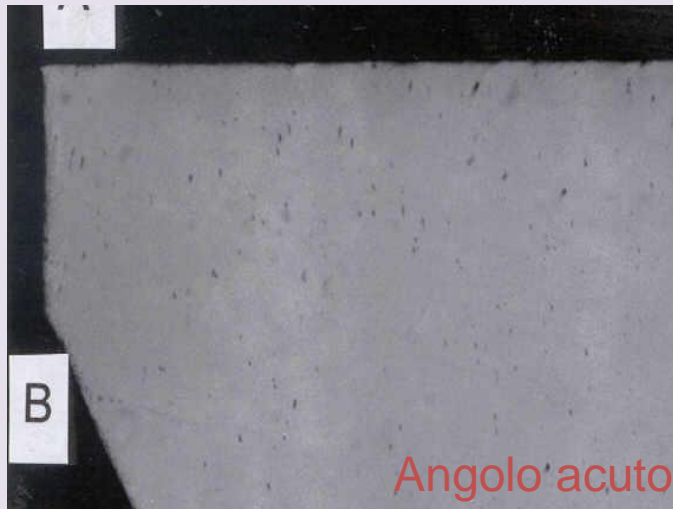
L'operazione di rullatura consente di eliminare le "bave" che le operazioni di smussatura formano per deformazione plastica sul fianco degli ingranaggi. Queste bave, generalmente nell'ordine da 50 a 70 μm , causano problemi nelle successive fasi di rettifica. A questo punto diventa necessaria un'operazione di rullatura.

Analisi delle strutture

Dentatura e
smussatura



Dentatura,
smussatura
e rullatura



Analisi delle strutture

Dentatura e smussatura

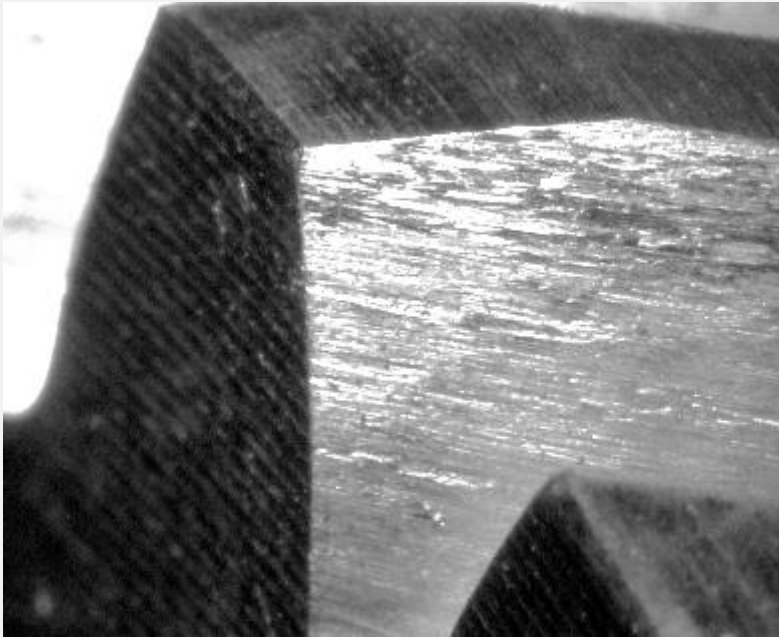


Dentatura, smussatura e rullatura



Fianchi smussati, sbavati e rullati

Dentatura senza smussatura e sbavatura



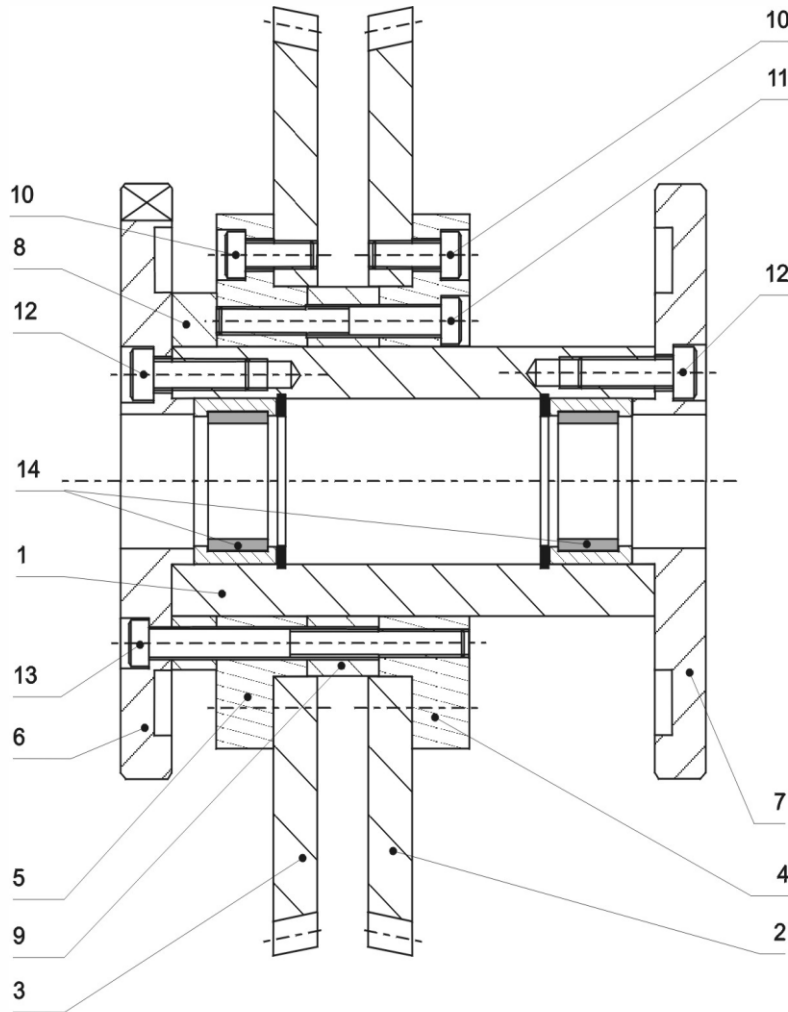
Dentatura
+smussatura
+sbavatura



Dentatura
+smussatura
+sbavatura
+rullatura



Schema utensile



- 1** Corpo
 - 2** Utensile smussatore
 - 3** Utensile smussatore
 - 4** Supporto sinistro
 - 5** Supporto destro
 - 6** Disco sincronizzatore
 - 7** Disco di bloccaggio
 - 8** Distanziale
 - 9** Distanziale
 - 10** M6 x 8 vite
 - 11** M6 x ...* vite
 - 12** M6 x 15 vite
 - 13** M6 x ...* vite
 - 14** Cuscinetti a sfera
- * Dipende dallo spessore ruota

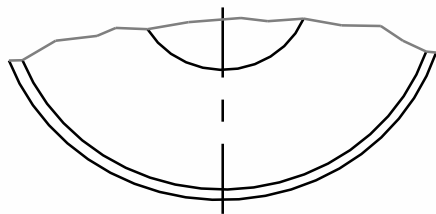
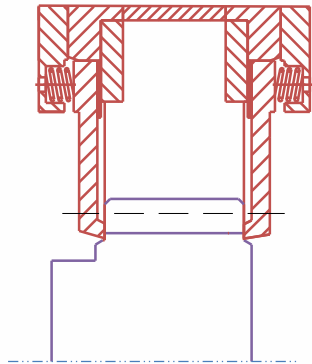
Progetto di un utensile sbavatore



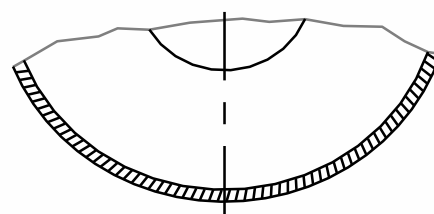
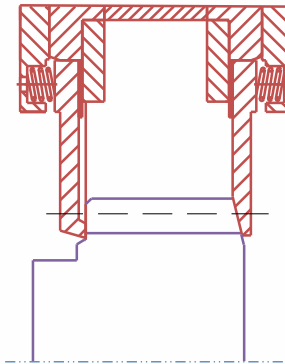
Condizione di contatto

Tipologia

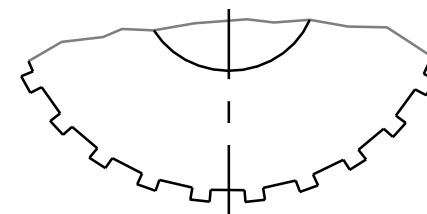
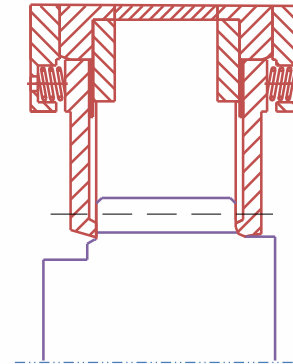
P-type sbavatore
standard per superfici
laterali dritte



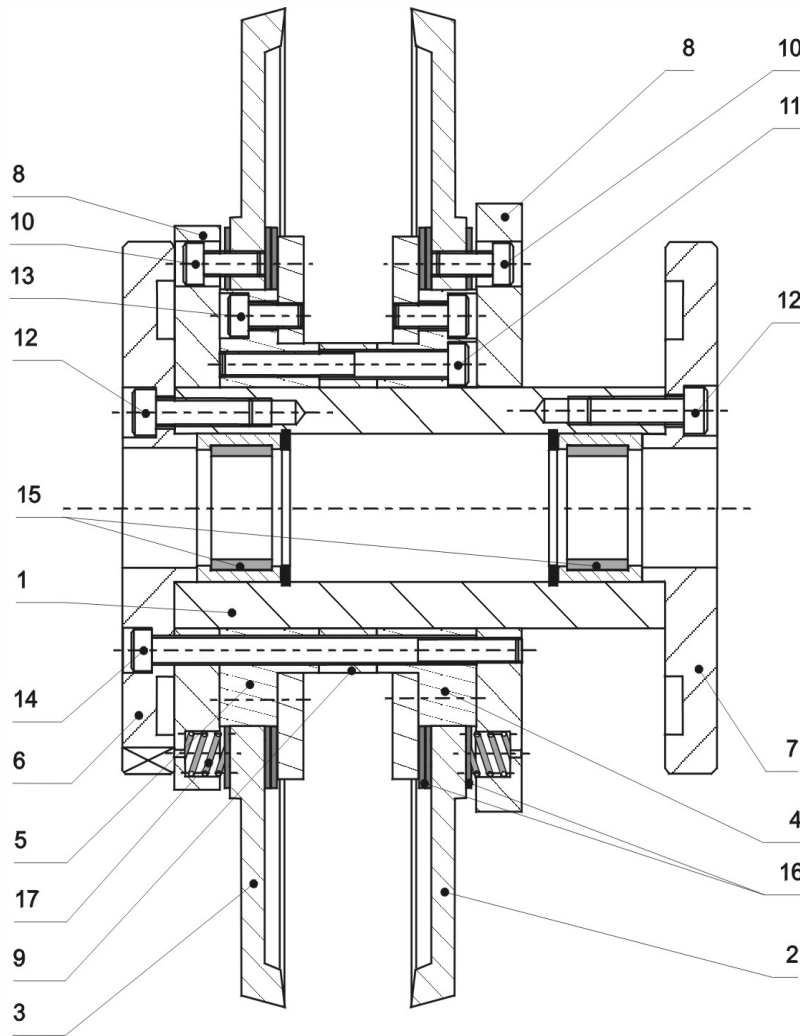
1000-type sbavatore
scanalato per
superfici laterali
inclinate



PR-type sbavatore a
sezioni alternate per
superfici laterali
raccordate al piede

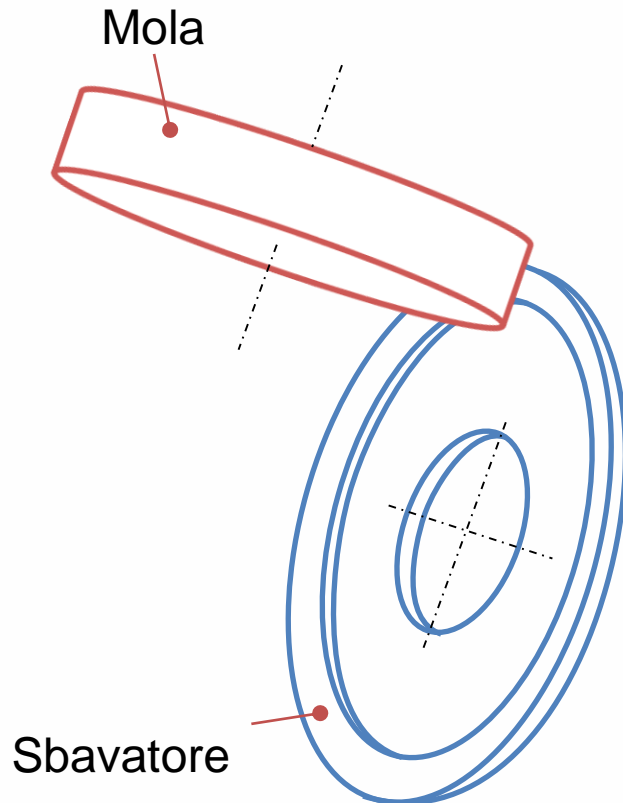


Schema utensile

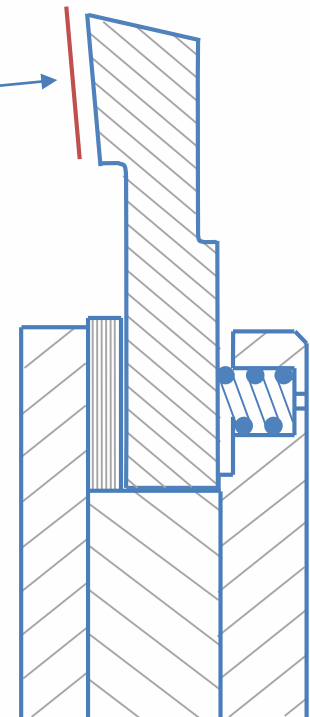


- 1** Corpo
- 2** Utensile sbavatore
- 3** Utensile sbavatore
- 4** Supporto destro
- 5** Supporto sinistro
- 6** Disco sincronizzatore
- 7** Disco di bloccaggio
- 8** Distanziale
- 9** Distanziale
- 10** M6 x 8 vite
- 11** M6 x ...* vite
- 12** M6 x 15 vite
- 13** M6 x ...* vite
- 14** Cuscinetto a sfere
- * Dipende dallo spessore ruota

Riaffilatura sbavatori



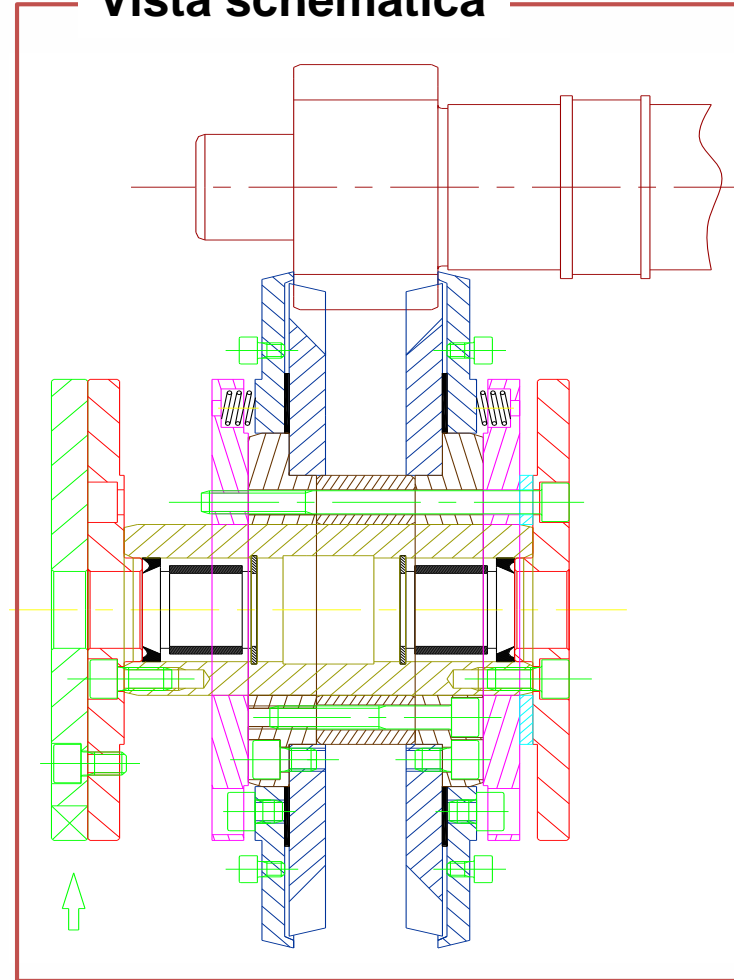
Superficie
riaffilata



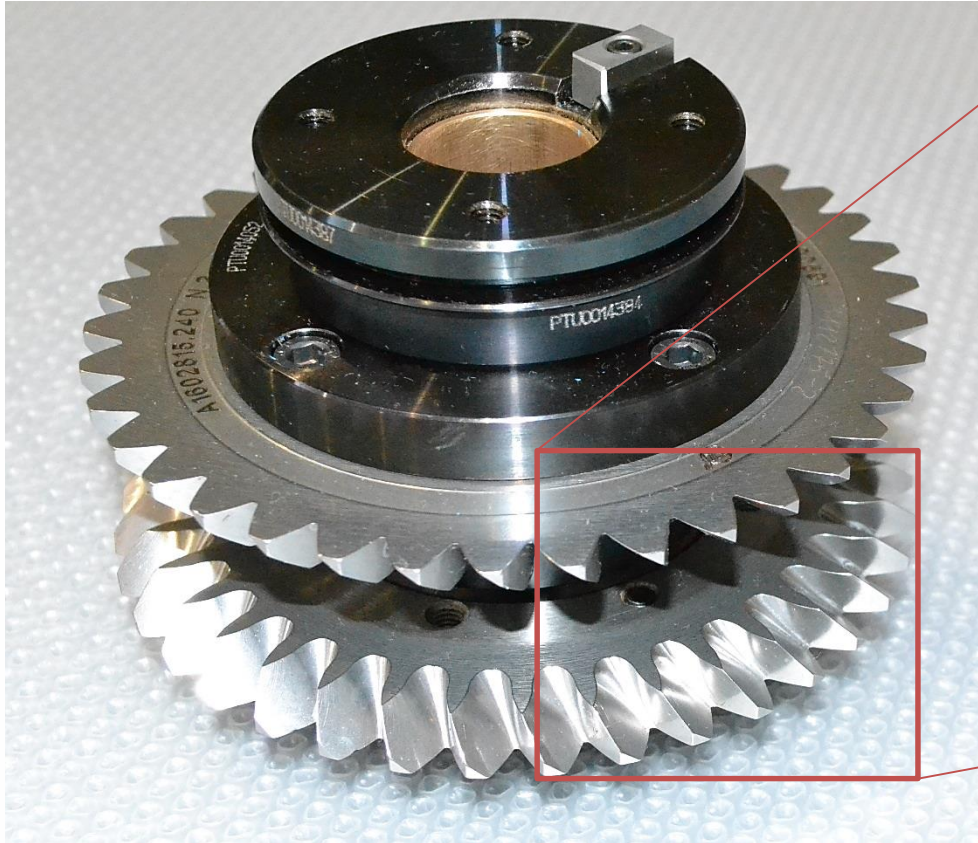
Soluzione integrata



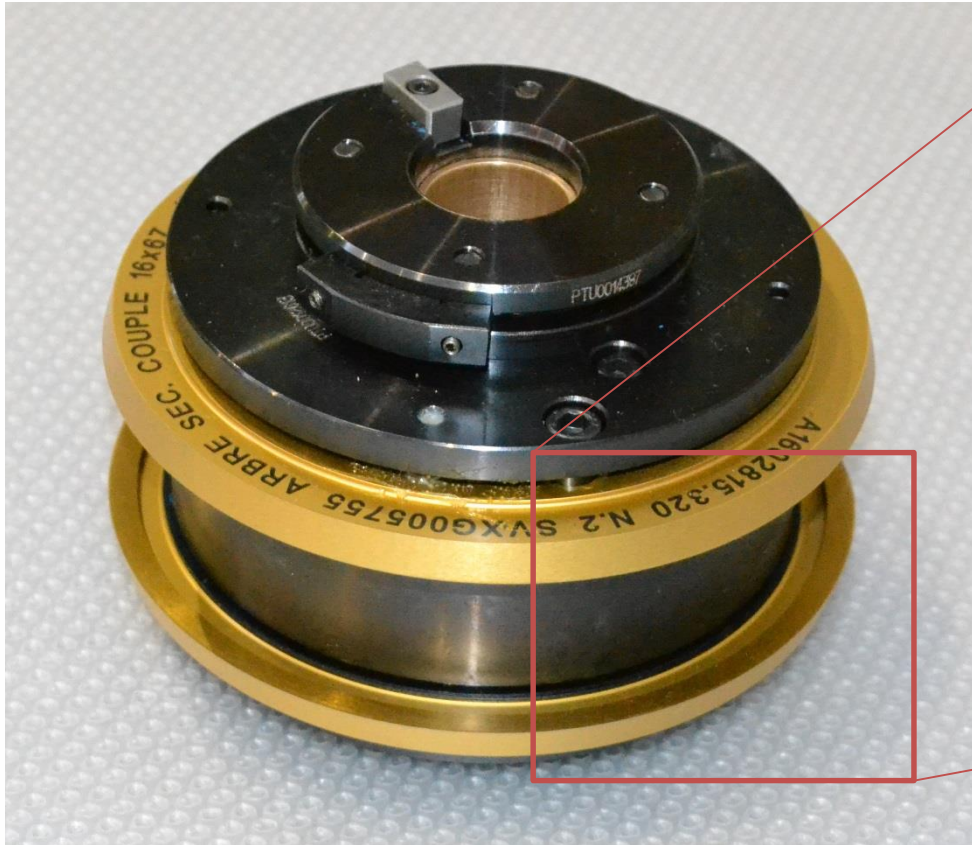
Vista schematica



Assemblaggio smussatore

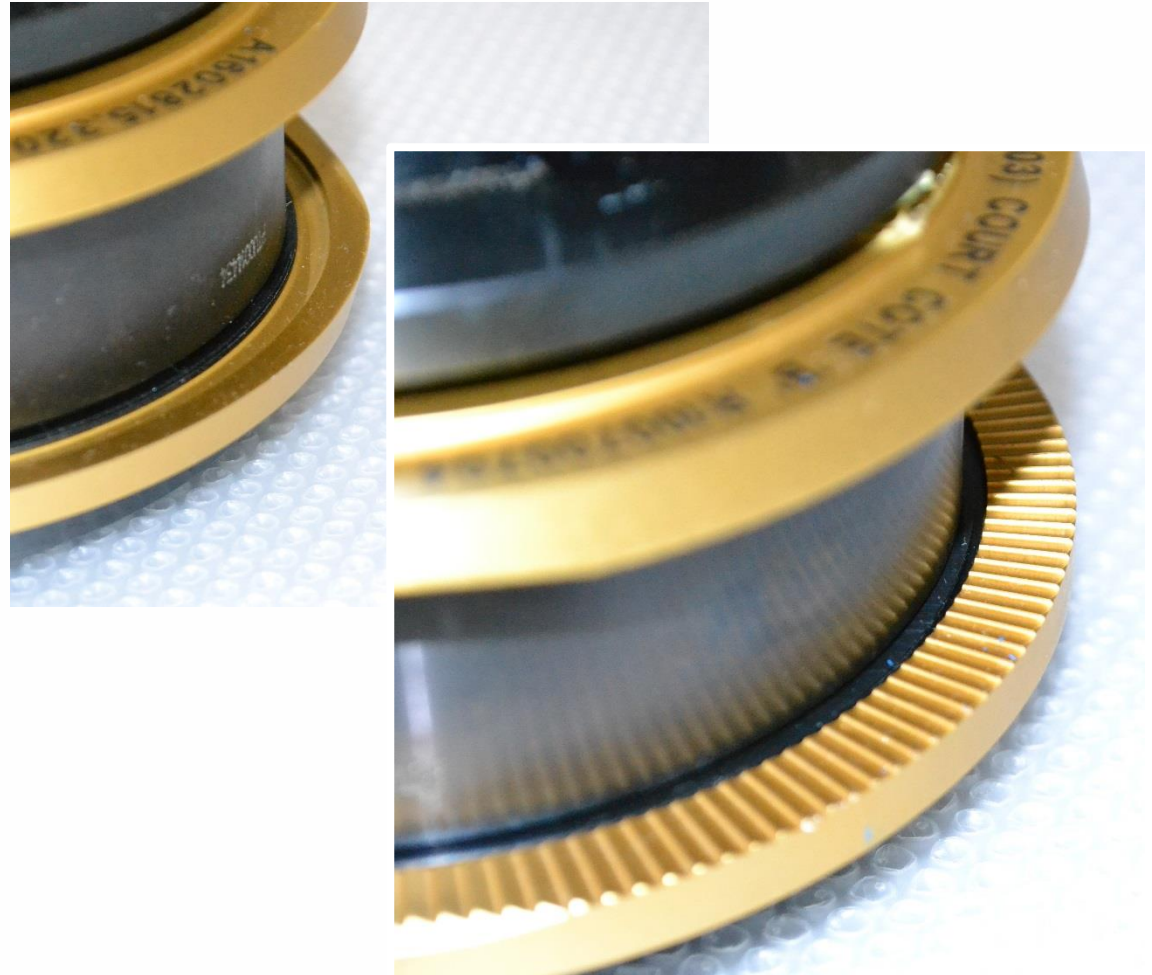
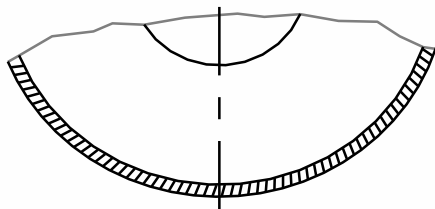
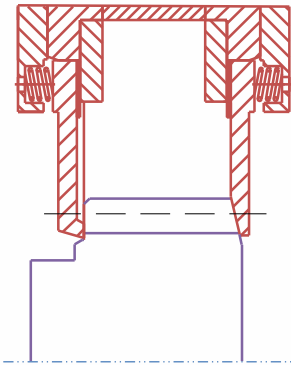


Assemblaggio smussatore

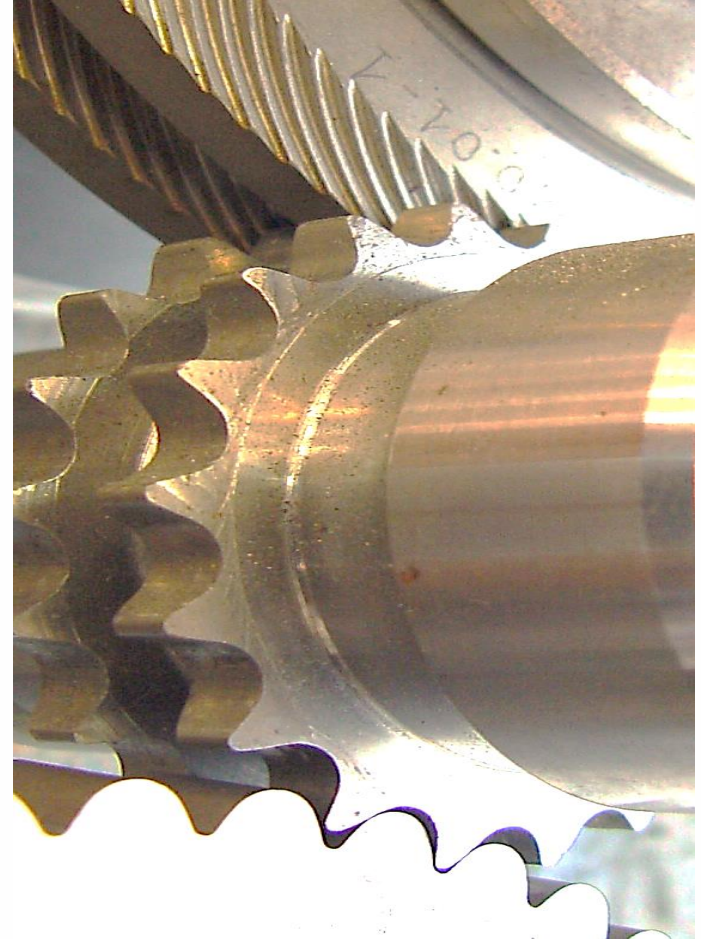


Utensile 1000-type

1000-type sbavatore
scanalato per
superfici laterali
inclinate



Sbavatura di ingranaggi



Sbavatori e smussatori



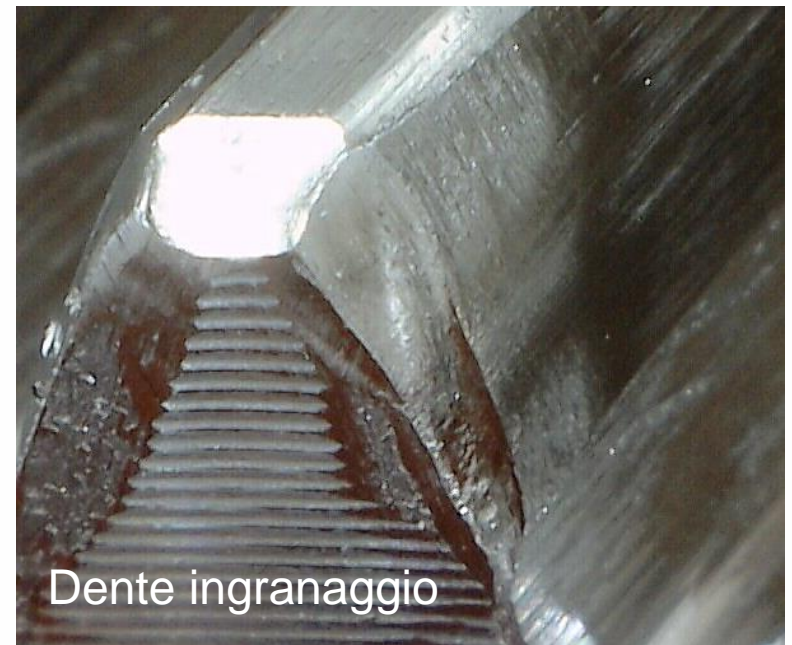
Usura dell'utensile sbavatore

Smussatore



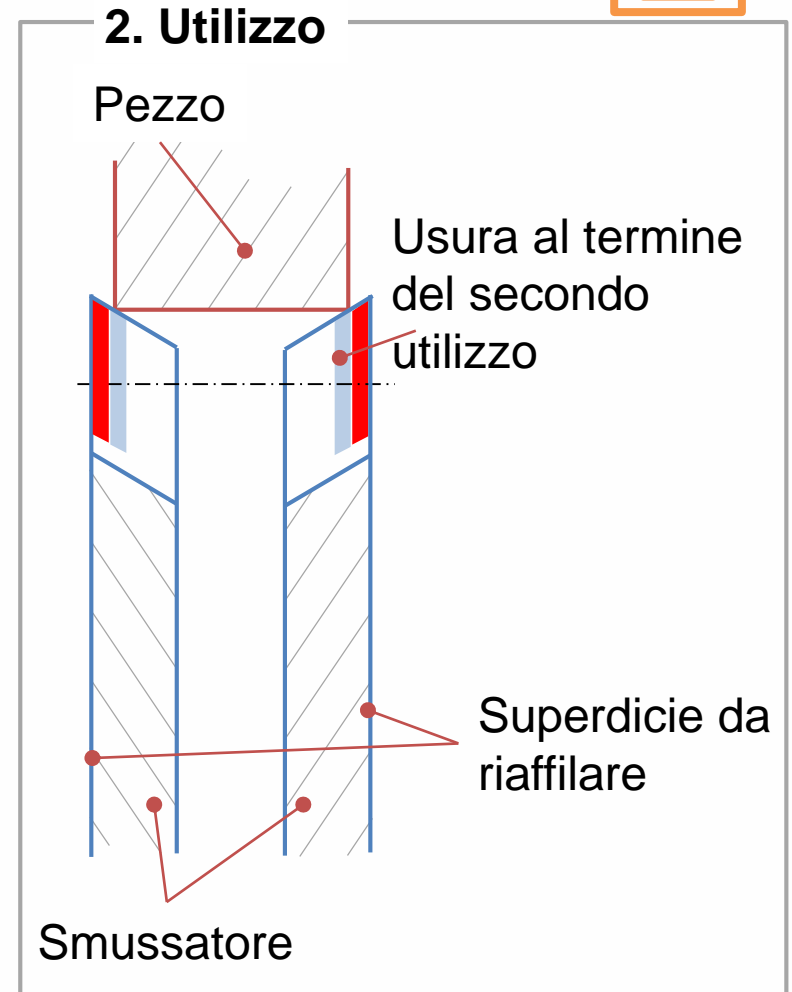
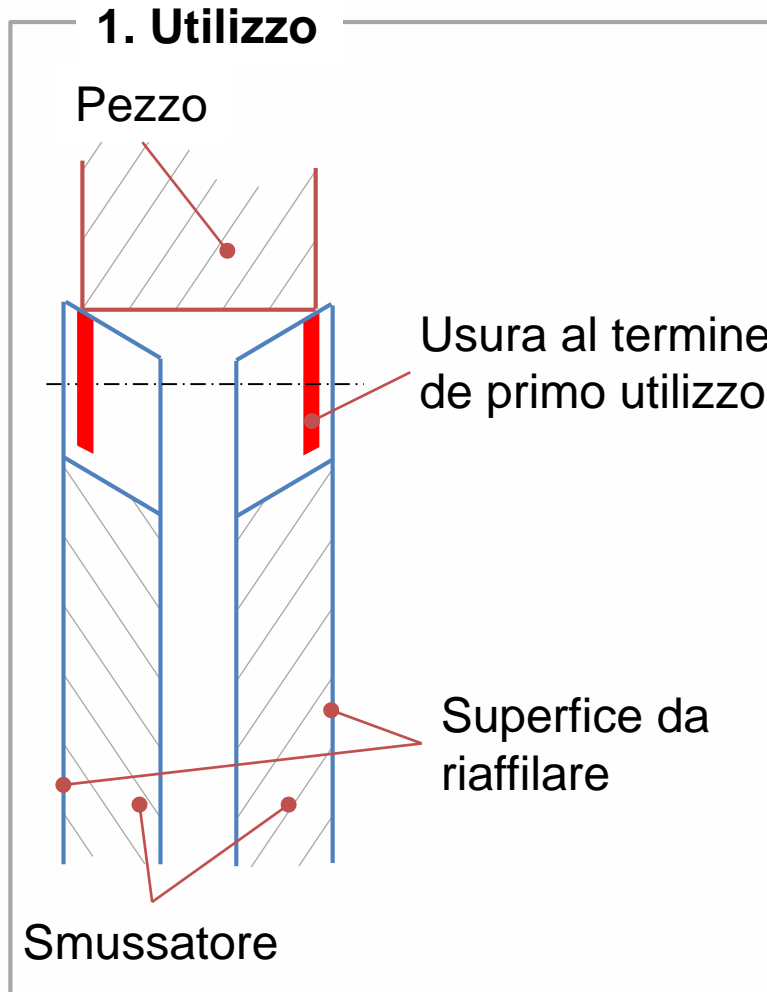
- Se sono chiaramente visibili crateri lungo i bordi dei denti delle ruote.

Pezzo



- Il pezzo non è smussato uniformemente.
- Le bave lungo il profilo del dente sono eccessivamente larghe.

Riaffilatura degli smussatori



Riaffilatura degli smussatori

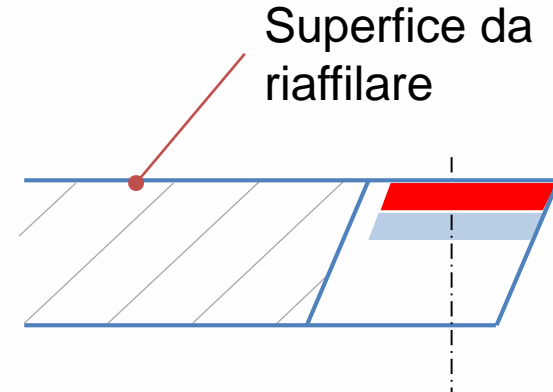
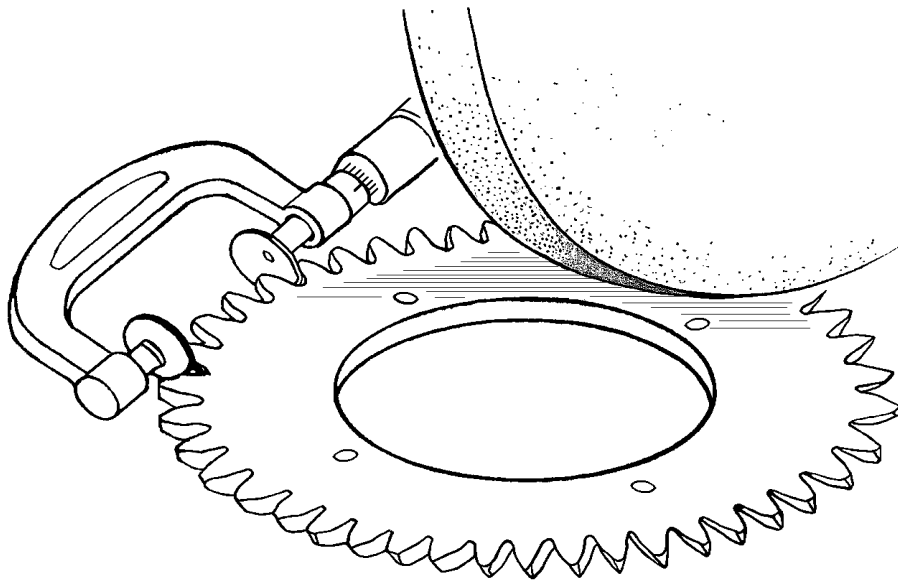
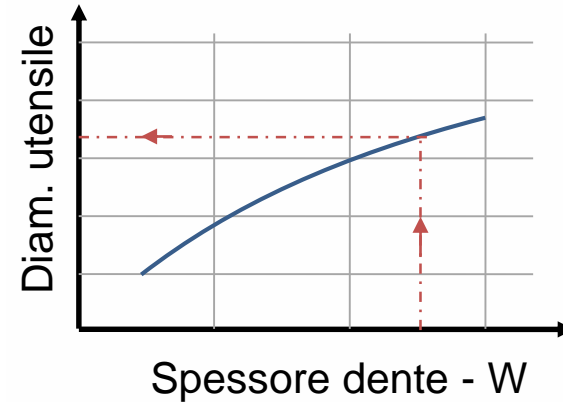
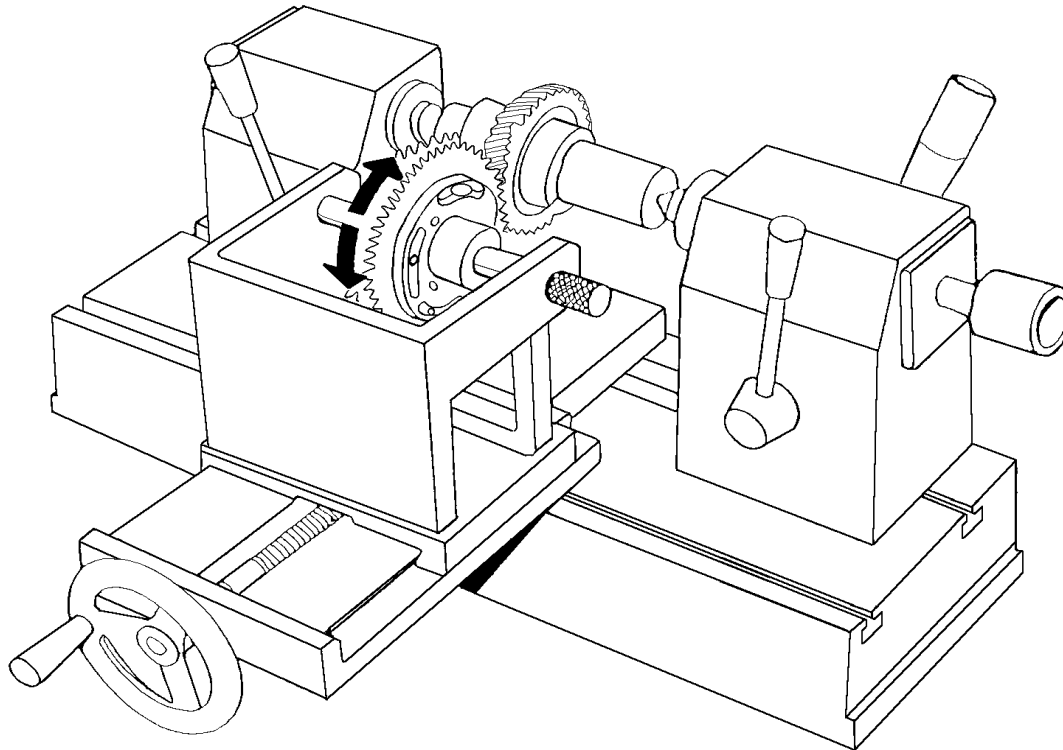


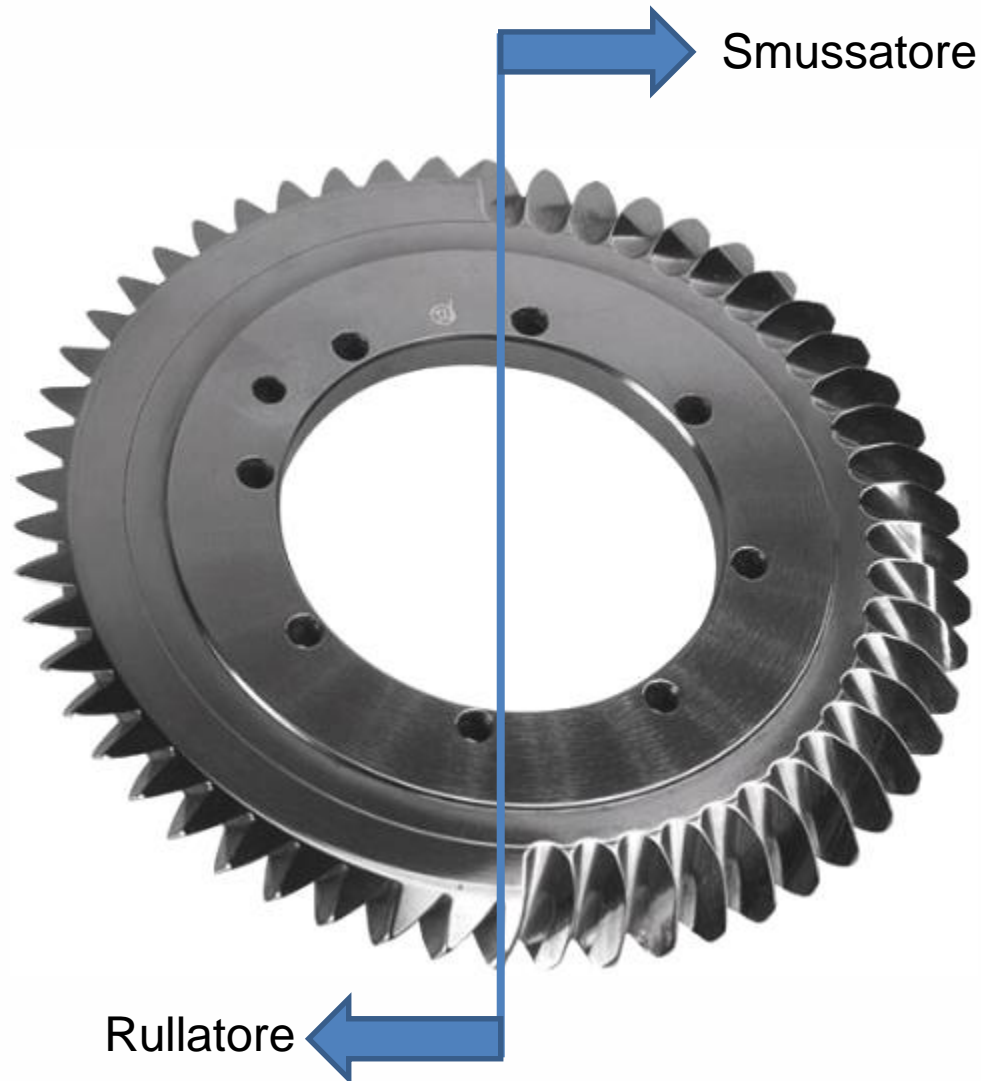
Diagramma di affilatura



Set-up utensile sbavatore e smussati



Utensile smusso-rullatore



Comparazione dei costi per 50 pz

| | Tool Costs | Reconditioning Cost* | Tool Life [Parts] |
|-------------------------------|--------------|----------------------|-------------------|
| Chamfering Tool | € 650,00 | € 80,00 | 22000 |
| Deburring Tool | € 209,00 | € 80,00 | 10000 |
| Rolling Tool | € 220,00 | not possible | 200000 |
| Chamfering-Deburring Tool | € 706,00 | not possible | 11000 |
| No of Parts: | 50000 | | |
| Possible Resharpening: | | 2 | |



| | Variant A (Deburring-Chamfering-Rolling) | Variant B (Deburring-Chamfering-Rolling) |
|-----------------------------|---|---|
| No of Tools | | |
| Chamfering Tool | 2 | |
| Deburring Tool | 4 | 4 |
| Rolling Tool | 1 | |
| Chamfering-Rolling Tool | | 10 |
| Costs | | |
| New Tool Costs | | |
| Chamfering Tool | € 1.300,00 | € 0,00 |
| Deburring Tool | € 836,00 | € 836,00 |
| Rolling Tool | € 220,00 | € 0,00 |
| Chamfering-Deburring Tool | € 0,00 | € 7.060,00 |
| Reconditioning Costs | | |
| Chamfering Tool | € 640,00 | € 0,00 |
| Deburring Tool | € 1.280,00 | € 0,00 |
| Total Tool Costs | € 4.276,00 | € 7.896,00 |
| Tool Costs per Part | € 0,09 | € 0,16 |

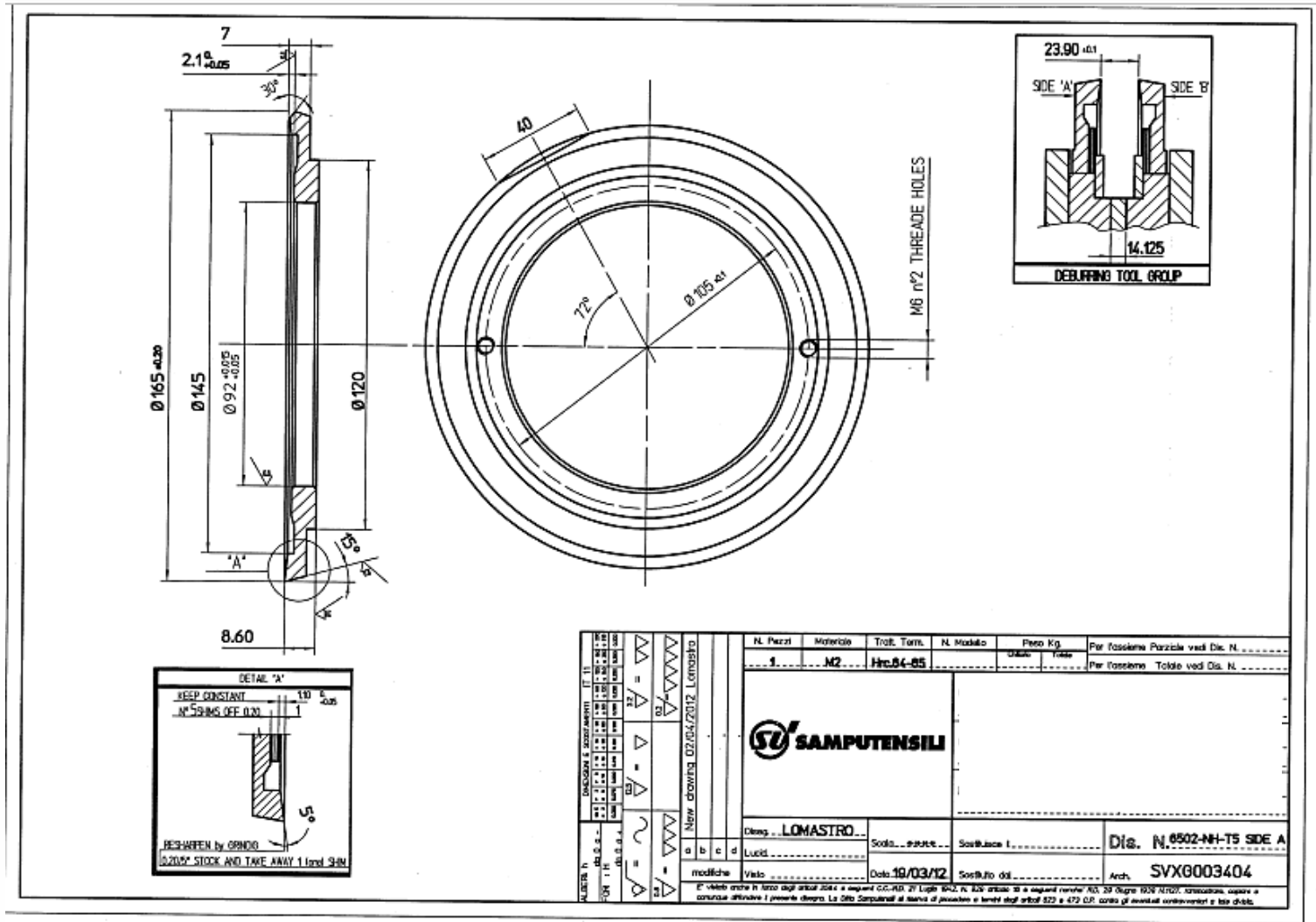
Comparazione dei costi per 200mila pz

| | Tool Costs | Reconditioning Cost* | Tool Life [Parts] |
|-------------------------------|---------------|----------------------|-------------------|
| Chamfering Tool | € 650,00 | € 80,00 | 22000 |
| Deburring Tool | € 209,00 | € 80,00 | 10000 |
| Rolling Tool | € 220,00 | not possible | 200000 |
| Chamfering-Deburring Tool | € 706,00 | not possible | 11000 |
| No of Parts: | 200000 | | |
| Possible Resharpening: | | 2 | |



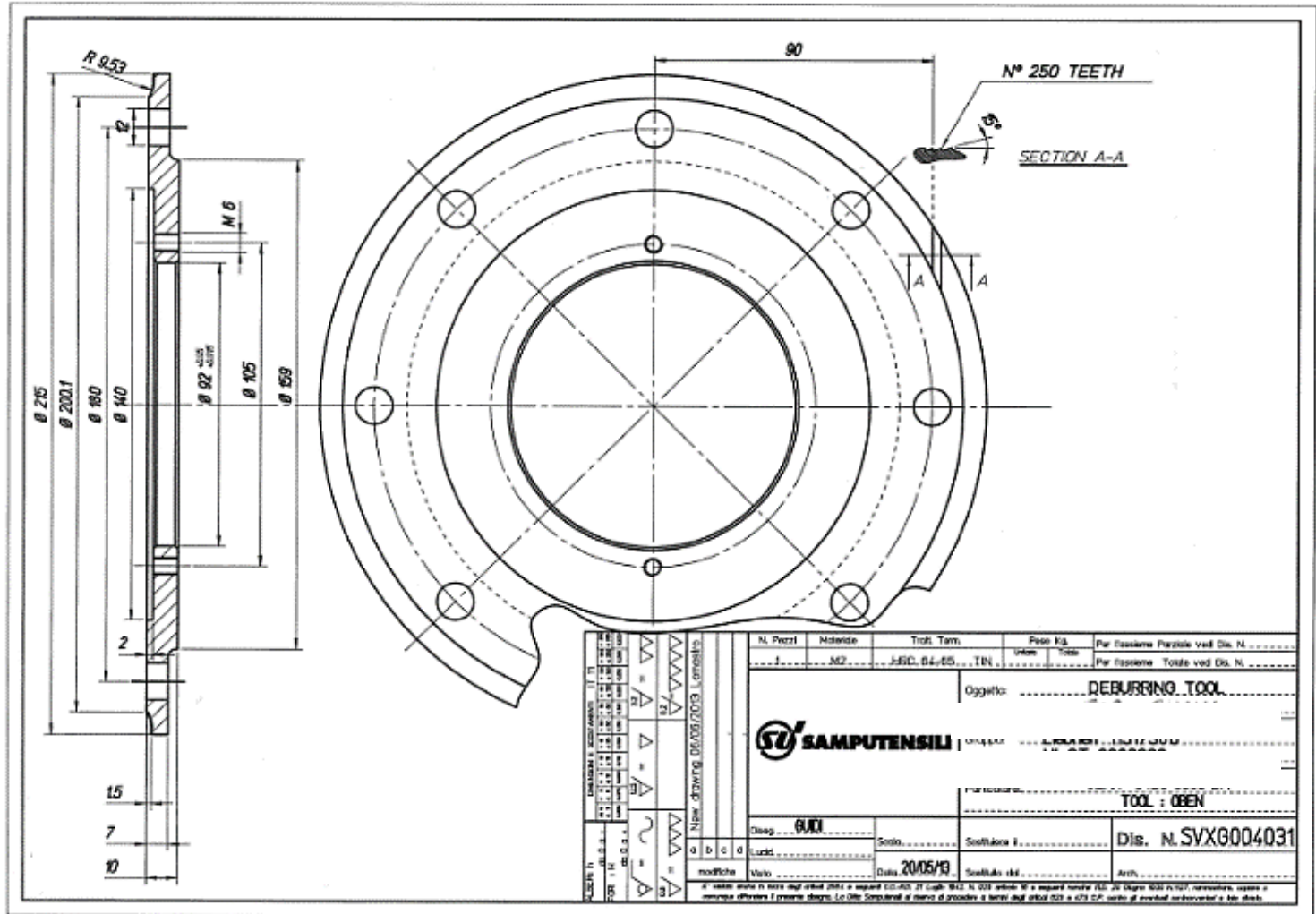
| | Variant A (Deburring-Chamfering-Rolling) | Variant B (Deburring-Chamfering-Rolling) |
|-----------------------------|---|---|
| No of Tools | | |
| Chamfering Tool | 6 | |
| Deburring Tool | 14 | 14 |
| Rolling Tool | 2 | |
| Chamfering-Rolling Tool | | 37 |
| Costs | | |
| New Tool Costs | | |
| Chamfering Tool | € 3.900,00 | € 0,00 |
| Deburring Tool | € 2.926,00 | € 2.926,00 |
| Rolling Tool | € 440,00 | € 0,00 |
| Chamfering-Deburring Tool | € 0,00 | € 26.122,00 |
| Reconditioning Costs | | |
| Chamfering Tool | € 1.920,00 | € 0,00 |
| Deburring Tool | € 4.480,00 | € 0,00 |
| Total Tool Costs | € 13.666,00 | € 29.048,00 |
| Tool Costs per Part | € 0,07 | € 0,15 |

Disegno utensile sbavatore

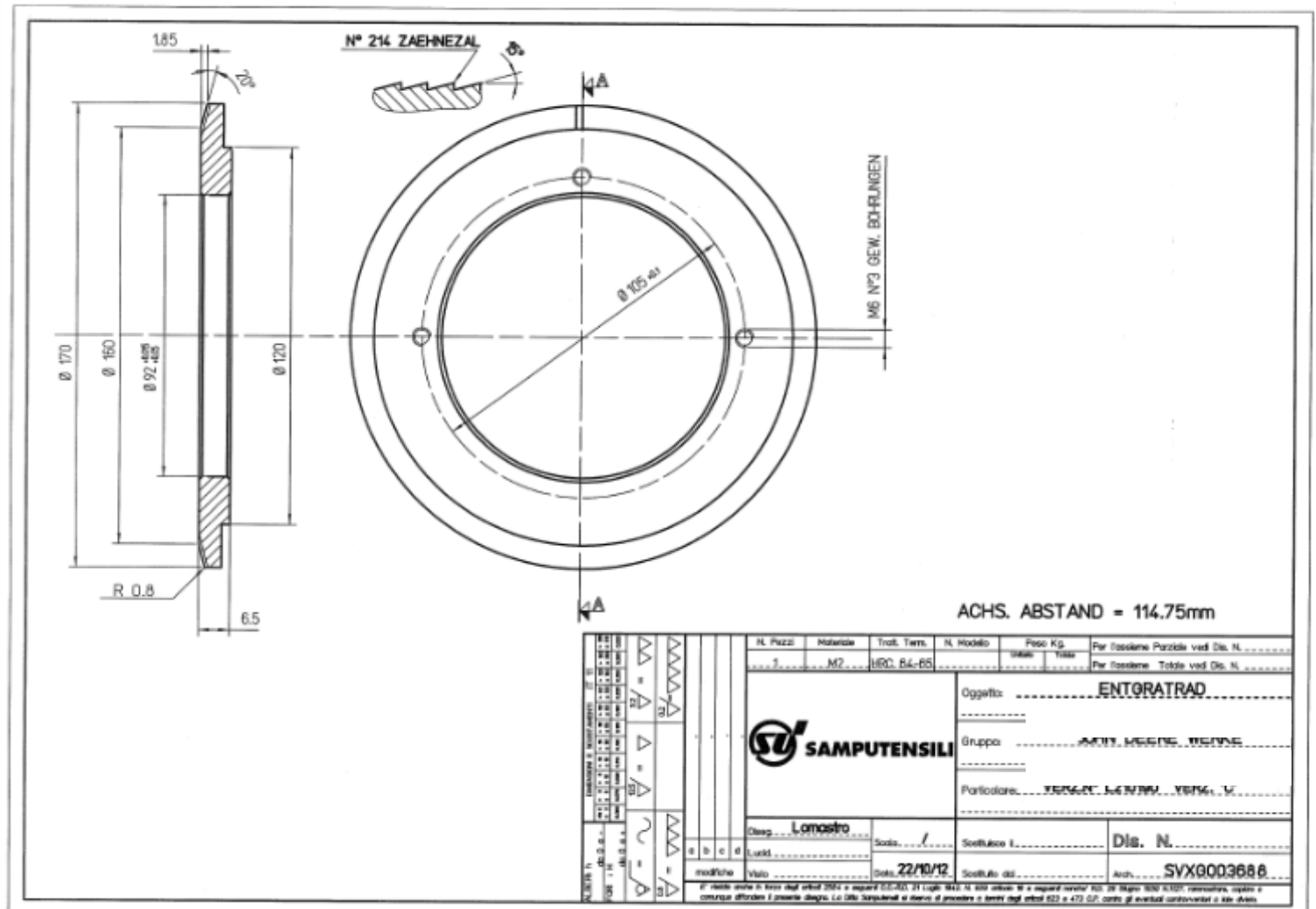


| DESCRIZIONE E QUANTITÀ | | IT 13 | N. Pezzi | Materiale | TROF. Torni | N. Modulo | Peso Kg | Per l'ordine Parziale vedi Dis. N. | |
|--|--|-------|----------|-----------|-------------|-----------|---------|---|--------|
| FOR T.H. | | ... | 1 | M2 | Hrc.64-65 | | | Utiles | Tracce |
| New drawing 07/04/2012 Lomastro | | | | | | | | Per l'ordine Totale vedi Dis. N. | |
| Disegn. LOMASTRO Lucid. modifiche Vale | | | | | | | | | |
| Data: 30/03/12 Sostituito da: ... Arch. SVX0003404 | | | | | | | | | |

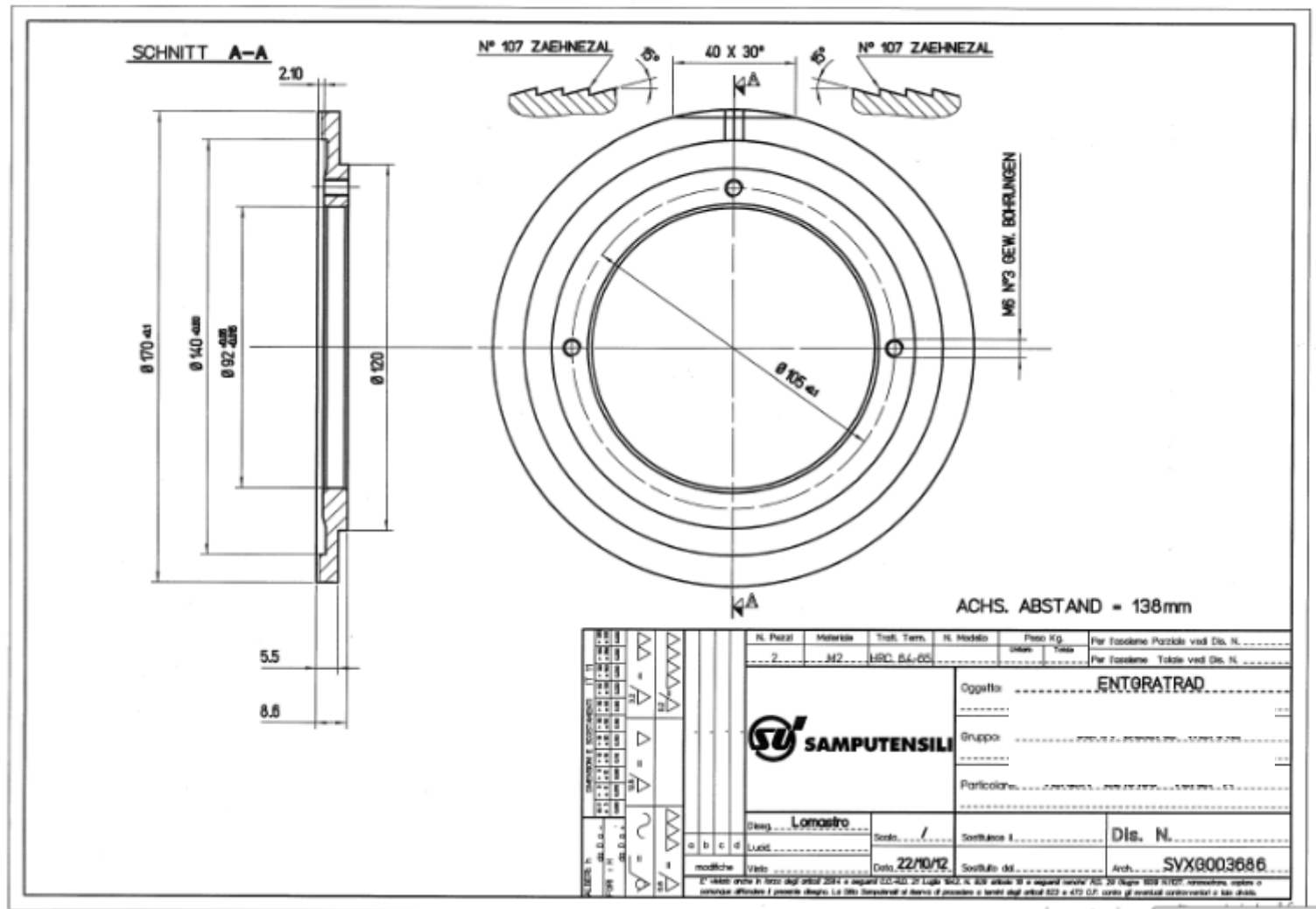
Disegno utensile



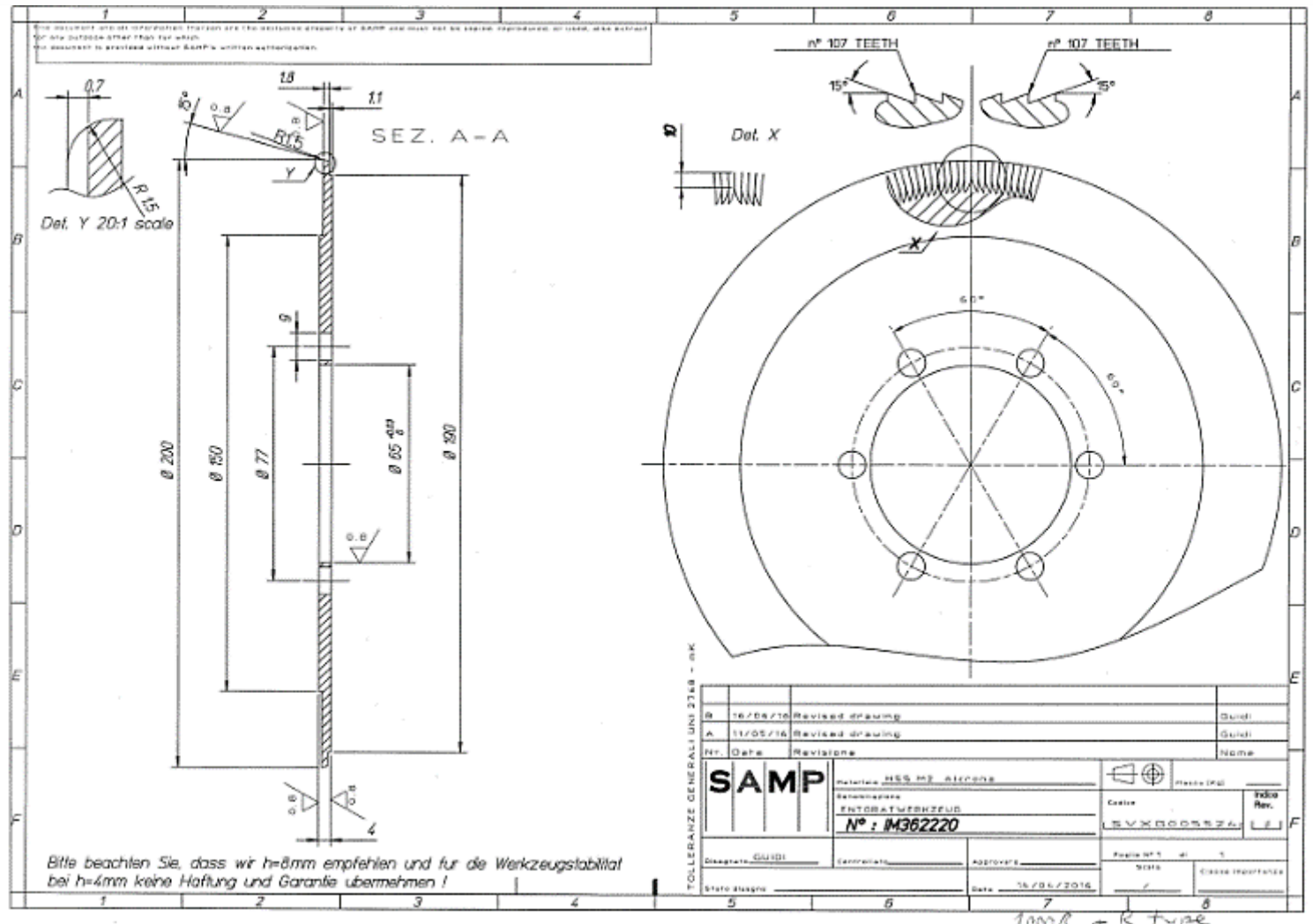
Disegno utensile



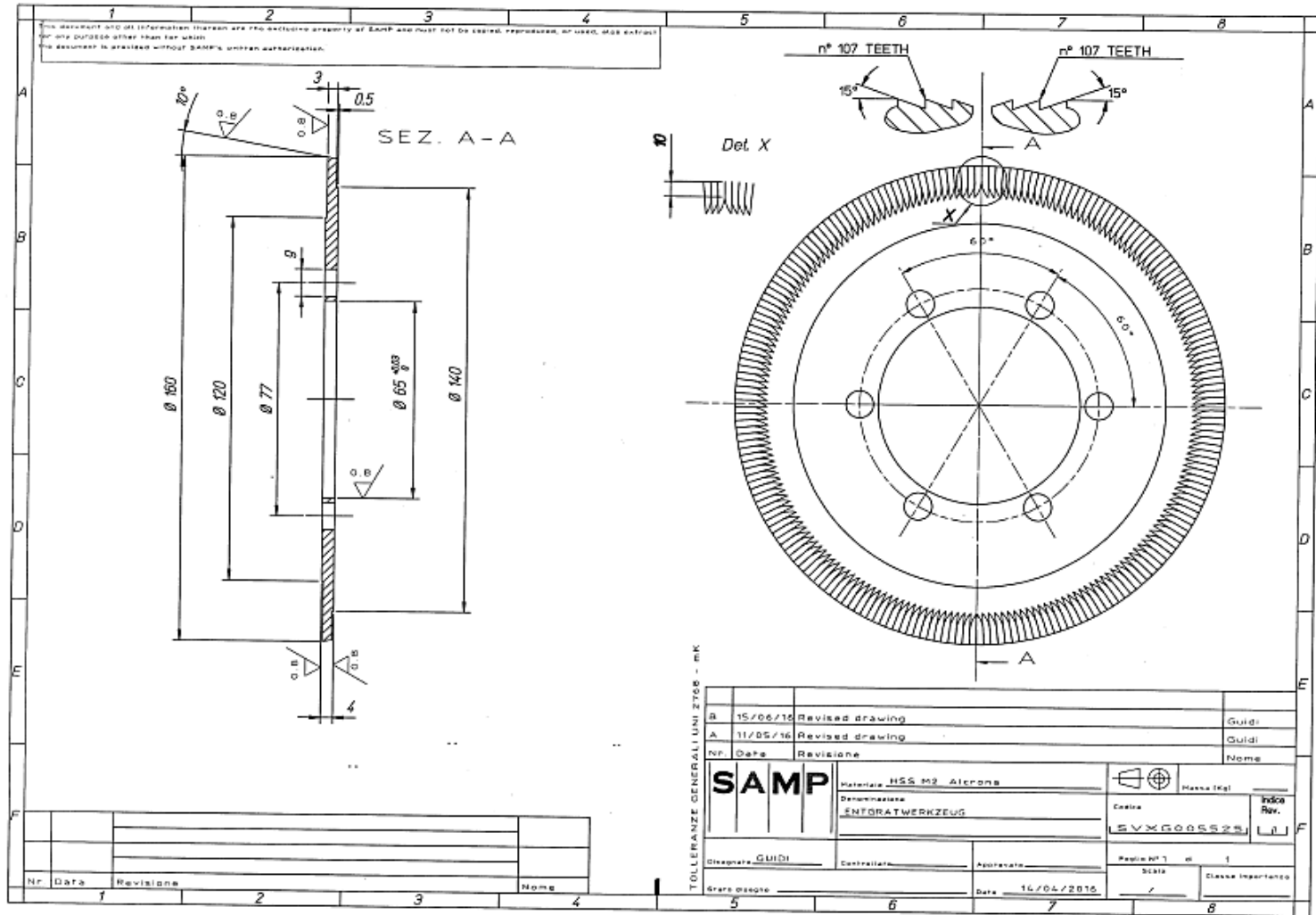
Disegno utensile sbavatore tipo 1000



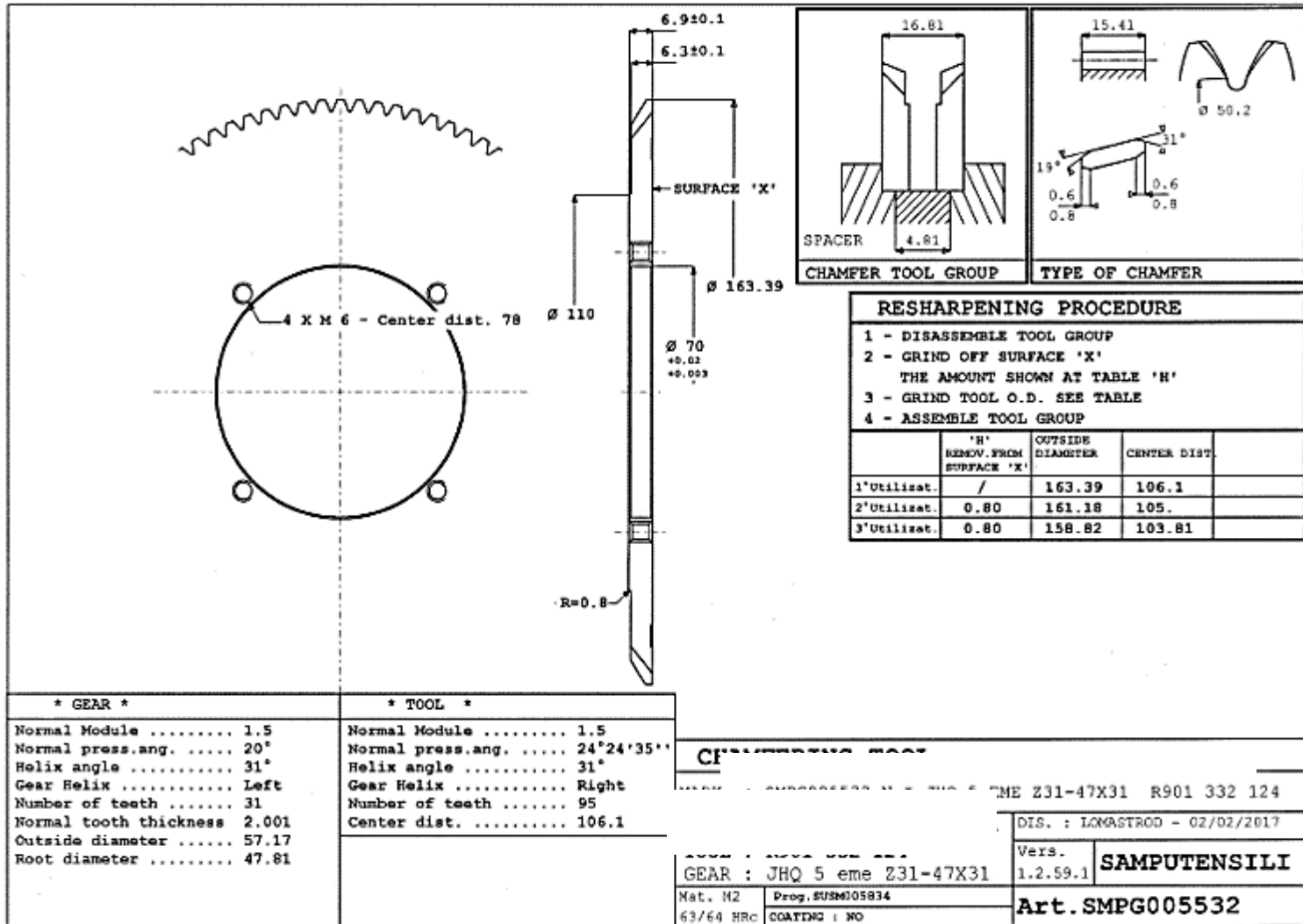
Disegno utensile Sbavatore tipo 1000



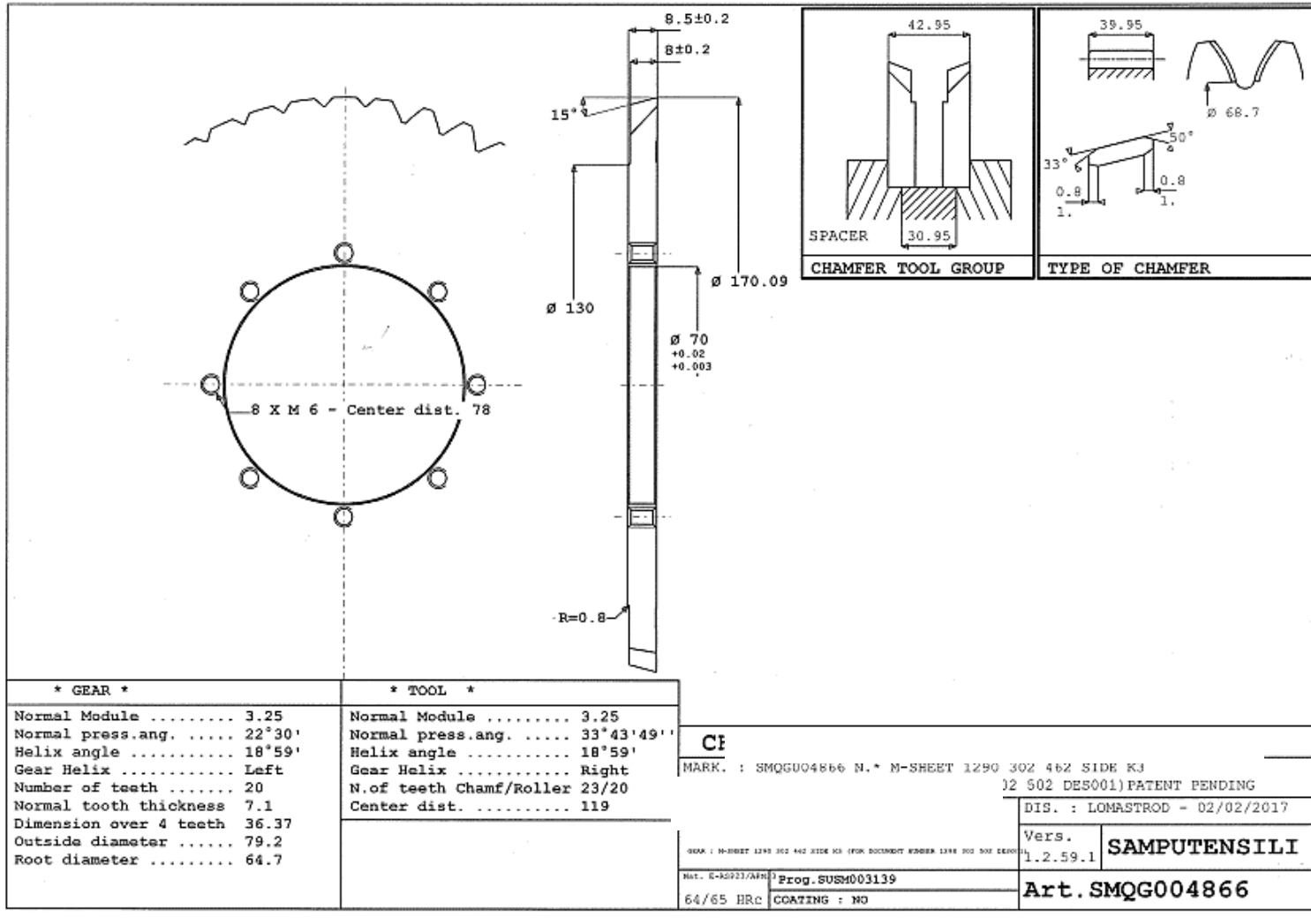
Disegno utensile Sbavatore tipo 1000



Disegno utensile smussatore



Disegno utensile smusso-rullatore



Rivestimento



TiN

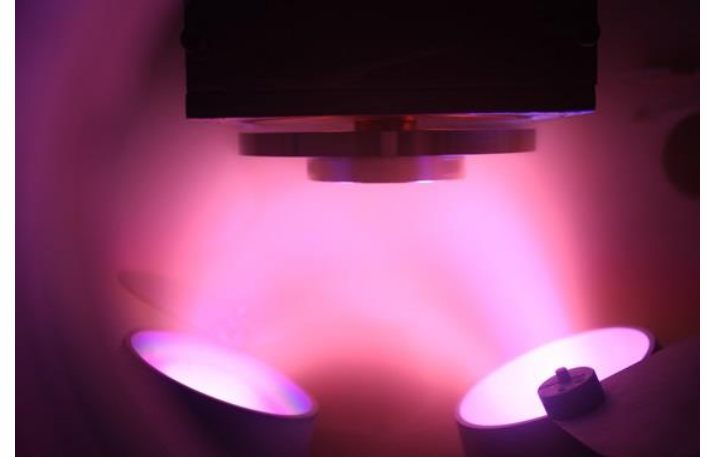
Alcrona

Altensa

Introduzione

Tipi di coating disponibili da Samputensili:

- TiN
- AlCrN PRO
- ALTENSA



Tutti i rivestimenti sono basati sulla tecnologia PVD.

Il PVD è caratterizzato da un processo nel quale il materiale passa da una fase liquida condensate ad una fase di vapore e in fine torna ad essere un sottile film di liquido condensato.

TiN - Introduzione

Tutto è iniziato con il nitruro di titanio. Il TIN A continua ad essere un rivestimento protettivo anti-usura versatile che offre una effettiva riduzione dell'usura abrasiva ed adesiva in molte applicazioni diversificate. Viene anche applicato in campo decorativo o come indicatore di usura, o per applicazioni speciali come rivestimento TIN a basse temperature fino a 200°C. I primi test del rivestimento TIN sugli utensili nel 1977 ebbero molto successo: la durata di servizio è aumentata di un fattore 4. Lo sviluppo e la commercializzazione dei rivestimenti in PVD per gli utensili venne dato ufficialmente il via libera un anno più tardi il 1° Settembre 1978.

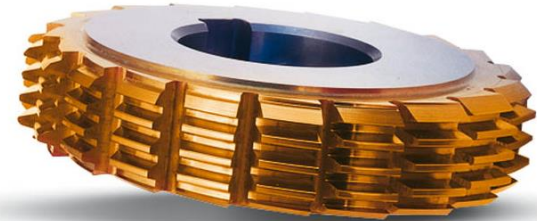
E' di Balzers il primo rivestimento protettivo in PVD

Disponibile come rivestimento a bassa temperatura

Versatilità dal 1978

Protezione alimentare

Colore oro-giallo decorativo



BALINIT A

| | |
|---|-------------|
| Coating material | TiN |
| Coating colour | gold-yellow |
| Coating hardness H_{IT} [GPa]* | 30 +/- 3 |
| Coefficient of friction (dry) vs. steel** | ~0.6 |
| Max. service temp. [°C]**** | 600 |

General remark

All given data are approximate values, they depend on application, environment and test condition.

*Coating hardness H_{IT} [GPa]

Measured by nano indentation according to ISO 14577. For multilayers the hardness of the different layers varies.

**Coefficient of friction (dry) vs. steel

Determined by ball-on-disc test in dry condition with an Steel ball according to ASTM G99. During run-in the given values may be exceeded.

****Max. service temp. [°C]

These are approximate values out of the field. Due to thermodynamic laws there is a dependency of pressure in application.

ALCRONA PRO - Introduzione

I tuoi utensili sono fortemente sollecitati in produzione, con alte tensioni meccaniche e termiche. Tuttavia la produttività deve essere aumentata. Per queste esigenze abbiamo creato BALINIT® ALCRONA PRO, il tuttofare al massimo livello per il taglio, la punzonatura e la presso fusione. Con questo rivestimento siamo stati in grado superare la curva delle prestazioni del già collaudato BALINIT® ALCRONA. Tutto ciò si traduce in un rivestimento estremamente resistente all'usura con una eccellente durezza a caldo e stabilità agli shock termici. In breve: il rivestimento universale per superbi risultati con lavorazioni a secco e ad umido con alte velocità di taglio.



Ampia gamma di applicazioni

Eccellente resistenza all'usura

Eccezionale stabilità agli shock termici e alla durezza a caldo

Significativo incremento della velocità di taglio ammissibili

Incremento di utilizzi e produttività

BALINIT ALCRONA PRO

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Coating material | AlCrN-based |
| Coating colour | bright grey |
| Coating hardness H_{1T} [GPa]* | 36 +/-3 |
| Max. service temp. [°C]**** | 1,100 |

General remark

All given data are approximate values, they depend on application, environment and test condition.

*Coating hardness H_{1T} [GPa]

Measured by nano indentation according to ISO 14577. For multilayers the hardness of the different layers varies.

****Max. service temp. [°C]

These are approximate values out of the field. Due to thermodynamic laws there is a dependency of pressure in application.

ALTENSA - Introduzione



oerlikon
balzers

Nuovo rivestimento di Oerlikon Balzers:

BALINIT ALTENSA

La soluzione ad alta velocità per il taglio degli ingranaggi



Durezza migliorata

➔ Ridotta usura ad alte velocità di taglio

Aumentata resistenza all'usura ➔ Ridotta usura sui fianchi alle alte e moderate velocità di taglio

Ridotta conduttività termica

➔ Significativo miglioramento per condizioni di velocità di taglio elevate per tutti i tipi di materiali (PM-HSS, MC90, carbide)
➔ Ridotto impatto termico sul materiale dell'utensile (specialmente per PM-HSS)

Ottimizzata res. all'ossidazione ➔ Vita utensile più lunga nelle condizioni di taglio a secco ed alte velocità

ALTENSA Prestazioni

Dati utensile

PM-HSS (S390) Creatore

Diametro $d = 70 \text{ mm}$

Pezzo

16MnCr5

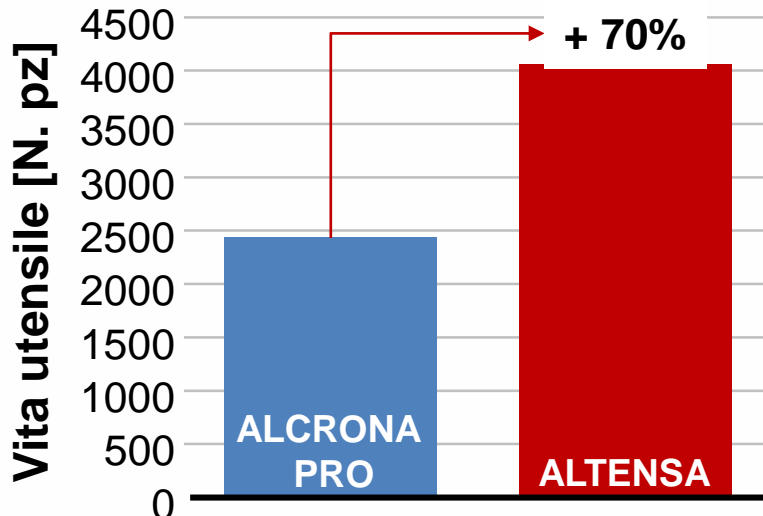
Modulo $m_n = 1,52 \text{ mm}$

Dati di produzione

Taglio a secco

1. Taglio $v_c = 200 \text{ m/min}$

2. Taglio $v_c = 320 \text{ m/min}$



Dati utensile

Carbide Creatore

Diametro $d = 90 \text{ mm}$

Pezzo

20MnCr5S

Modulo $m_n = 2,6 \text{ mm}$

Dati di produzione

Taglio a secco

Velocità di taglio $v_c = 480 \text{ m/min}$

Avanzamento assiale $f_a = 2,6 \text{ mm}$

